バイオマス産業社会ネットワーク（BIN）第115回研究会

木質バイオマスLCA評価事業の結果について

平成24年7月24日

チーフアナライザー　小出 理博(KOIDE Masahiro)
http://www.mori-energy.jp/
Tel. 0428-28-0010 fax. 0428-28-0037
Mobile. 090-2150-5723 email.koide@mori-energy.jp

本日の内容

1.はじめに

事業概要、検討委員会メンバー、LCA概要etc

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価

[丸太・薪・チップ・ペレット]×3社の調査結果および考察

3.今後の課題

4.木質バイオマスLCA計算ツールのご紹介

概要説明、ケーススタディetc

5.その他

関連情報等etc

1.はじめに <事業概要>

平成23年度　林野庁補助事業
「地域材供給倍増事業（地域材の差別化・信頼性向上による実需拡大）」
のうち、
『木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援』
　森林・林業再生プラン「10年後の木材自給率50%以上」の目標達成
⇒木質バイオマスの地域材利用を促進するため差別化・信頼性向上
⇒実需拡大

①木質バイオマスLCA評価事業
・　木質バイオマスLCA評価
　　（原材料収集～製品(薪・チップ・ペレット)利用）
・LCA評価を簡便に行いうる計算ツール、マニュアルの作成

②木質バイオマス人材育成事業
・国内外の専門家による木質バイオマス利用に係る経営的・技術的な指導研修会
・実務的なテキストの作成等

1.はじめに < お知らせ >

報告書等データは、当社ＨＰよりダウンロードが可能です。
よろしければ、是非ご活用下さい。

http://www.mori-energy.jp/hrd_lca.html

・ 木質バイオマス人材育成事業報告書（PDFファイル・ 8MB）
・ 木質バイオマスボイラー導入指針（PDFファイル・ 1MB）
・ 木質バイオマスLCA評価事業報告書（PDFファイル・ 2MB）
・ 木質バイオマスLCA計算ツール（Excelファイル）
・ 木質バイオマスLCA計算ツール取扱説明書（PDFファイル・ 0.5MB）

平成 23 年度 林野庁補助事業 地域材供給倍増事業

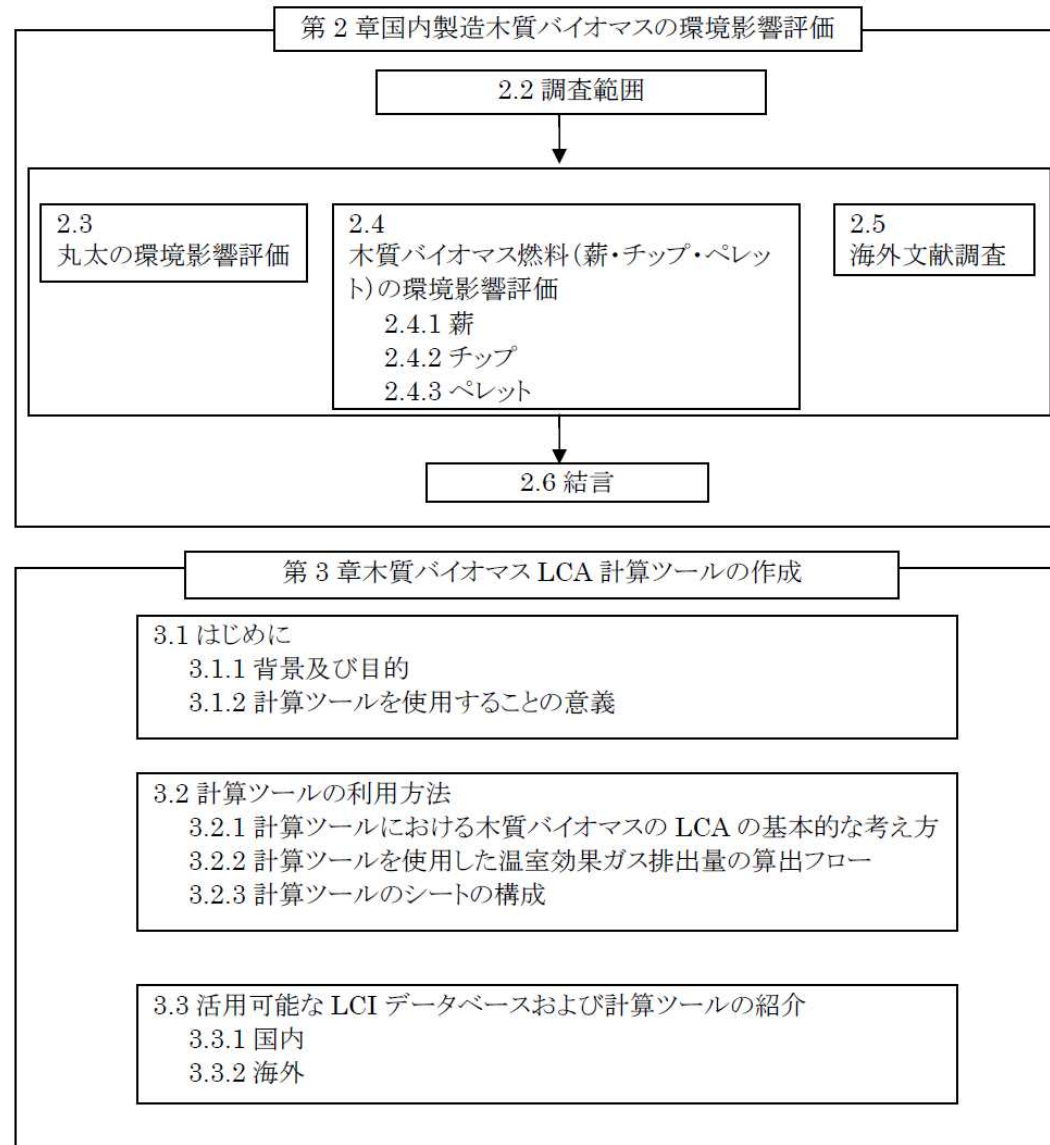
木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援
木質バイオマス人材育成事業・LCA 評価事業

1. 事業概要　　Human resource development & Life Cycle Assessment

林野庁では、森林・林業再生プランにおいて「10年後の木材自給率50%以上」という目標を掲げ、国産材の利用促進を進めていくこととしています。目標を達成するための一つの方法として、チップ、ペレット等の木質バイオマス燃料の利用を推進・拡大することとしており、本事業では、下記2事業を実施しました。

<木質バイオマス人材育成事業>
林地残材等の利用促進を図る上で、木質バイオマスボイラーの普及はもっとも有効な手段の一つと考えられています。しかし、その一方で、国内においては木質バイオマスボイラーの設計・運転ノウハウは、いまだ体系化されておらず、多くのトラブルが発生しており、その対応が喫緊の課題です。
したがって、本事業では木質バイオマスボイラー（チップボイラー、ペレットボイラー、薪ボイラー）に焦点を絞り、まず国内における利用実態調査を行いました。
次に、そこで明らかになった課題への対応を念頭に置いて、この分野で豊富な知識と経験を持つオーストリアの専門家を招聘し、国内のバイオマスボイラー導入に関わる人材を対象とした実務的かつ実践的な指導研修会を開催しました。
それらの成果をもとに、導入を担う行政や民間セクターの実務担当者を対象として、「木質バイオマスボイラー導入指針」を作成しまし

1.はじめに＜調査フロー＞

第2章国内製造木質バイオマスの環境影響評価
2.2 調査範囲
2.3
丸太の環境影響評価
2.4
木質バイオマス燃料（薪・チップ・ペレット）の環境影響評価
2.4.1 薪
2.4.2 チップ
2.4.3 ペレット
2.5
海外文献調査
2.6 結言
第3章木質バイオマスLCA計算ツールの作成
3.1 はじめに
3.1.1 背景及び目的
3.1.2 計算ツールを使用することの意義
3.2 計算ツールの利用方法
3.2.1 計算ツールにおける木質バイオマスのLCAの基本的な考え方
3.2.2 計算ツールを使用した温室効果ガス排出量の算出フロー
3.2.3 計算ツールのシートの構成
3.3 活用可能なLCIデータベースおよび計算ツールの紹介
3.3.1 国内
3.3.2 海外

1.はじめに＜検討委員会メンバー＞

●検討委員等

名前	所属 / 役職
服部 順昭 委員長	東京農工大学農学研究院環境資源物質科学部門 / 教授
玄地 裕 委員	独立行政法人　産業技術総合研究所安全科学研究部門素材エネルギー研究グループ / 研究グループ長
小島 康夫 委員	新潟大学農学部　応用生物化学科木質バイオマス研究室 / 教授
古俣 寛隆 委員	地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場利用部 マテリアルグループ
外崎 真理雄 委員	独立行政法人　森林総合研究所　木材特性研究領域 / 木材特性研究領域長
泊 みゆき 委員	NPO法人バイオマス産業社会ネットワーク / 理事長
水谷 百合香アドバイザー	東京農工大学農学研究院環境資源物質科学部門

●オブザーバー

川上 豊幸 氏：レインフォレスト・アクション・ネットワーク / 代表

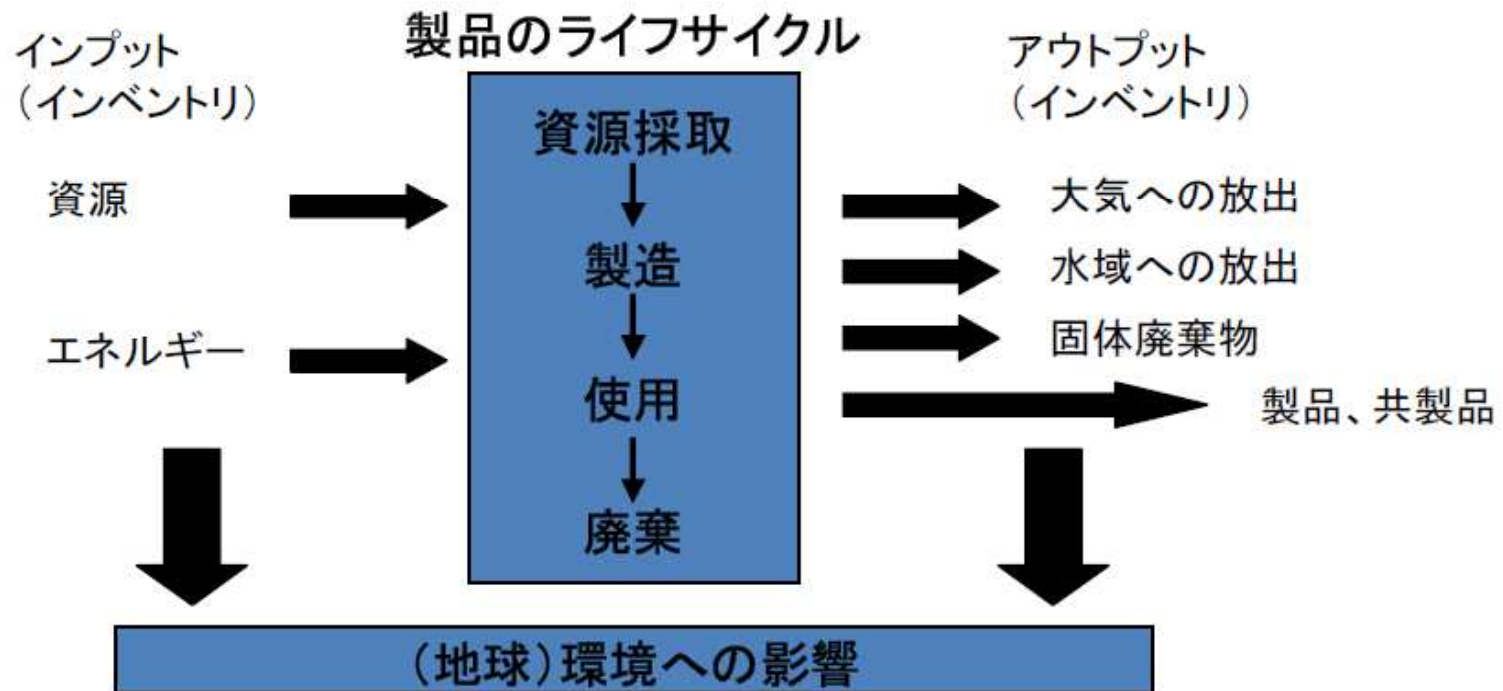
東京農工大学材料加工学研究室　赤堀氏、大和田氏、林野庁

●事務局

㈱森のエネルギー研究所、㈱環境管理センター

1.はじめに<LCA概要>

LCA（Life Cycle Assesment）とは

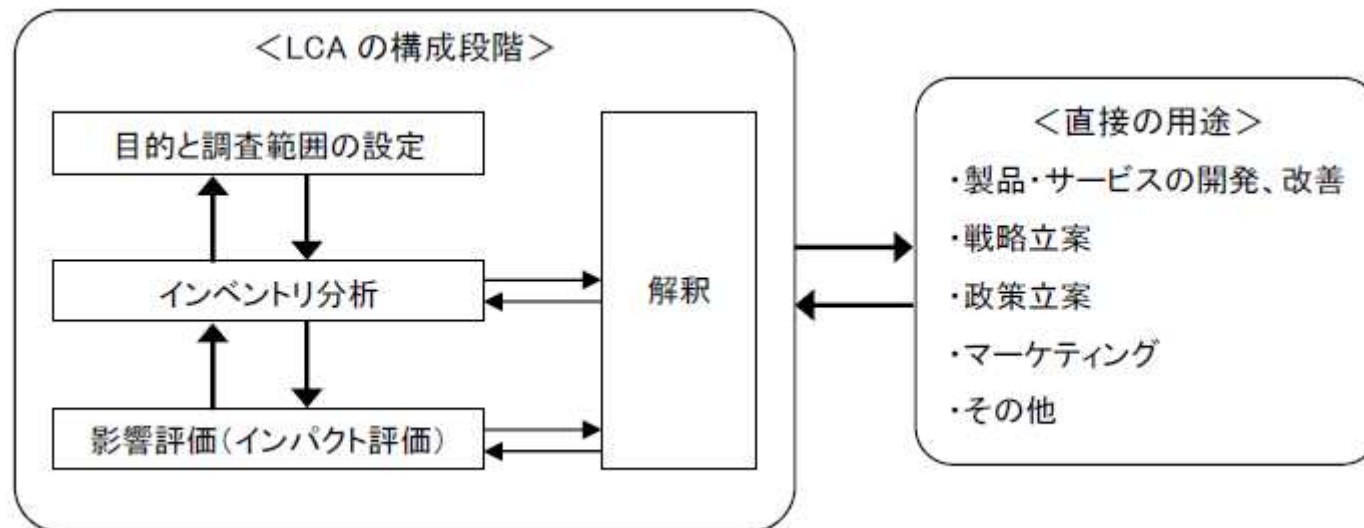
製品のライフサイクルにおける、投入資源、環境負荷および
それらによる地球や生態系への環境影響を定量的に評価する方法
※国際標準化機構（ISO）においても評価手法の規格化が行われている。

【出典】カーボンフットプリントについて　ＬＣＡ・環境ラベルとの関係
社団法人産業環境管理協会　カーボンフットプリント推進チーム 石塚氏資料

1.はじめに<LCAの手順>

①目的と調査範囲の設定
・ LCAを実施する目的
・ 機能単位
・ 対象とするライフサイクルのステージ（システム境界）など

②インベントリ分析
ライフサイクルにおける各ステージの環境負荷データ(インプット、アウトプット)を調査　⇒ライフサイクル全体での環境負荷を計算

③影響評価（インパクト評価）
インベントリ分析で得られた結果を、地球温暖化、大気汚染等の環境影響項目に分類し、環境への影響度を評価

④解釈
得られた結果を基に、環境に与える影響や改善点等を整理

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
< 調査対象、条件および方法 >

本事業は事例研究という位置付け。

対象製品	丸太	薪	チップ	ペレット
対象事業者数	3社（4施業地）	3社	3社	3社
機能単位※1	1t	1GJ		
データ収集方法	聞き取り調査			
インベントリ分析方法	積み上げ法※2 ※バックグラウンドデータにはLCA計算支援ソフトMiLCA付属のインベントリデータベースを使用			
主な環境負荷物質	【資源消費】 石炭,原油,天然ガス,ウラン 【大気圏排出物】 CO_2、CH_4、N_2O、NOx（点源）、NOx（線源）、SOx、ばいじん（点源）、ばいじん（線源）、炭化水素、As、Cd、Cr、Hg、Ni、Pb 【廃棄物】 汚泥（埋立）、金属くず（埋立）、鉱さい（埋立）、土砂（埋立）			
影響領域	資源消費、地球温暖化、酸性化、都市域大気汚染、光化学オキシダント、有害化学物質、生態毒性、廃棄物			

※1　製品システムが提供する機能を定量的に表したもの。
※2　製品を生産するプロセスの各段階において使用した資源· エネルギー(インプット)と排出物(アウトプット)を詳細に計算し集計することで環境負荷を求める方法

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<本事業での環境影響評価の方法>

(1) 外部費用（社会コスト）

市場において取引されないが特定の価値が減耗したものを費用として表示したもの。本事業では日本版被害算定型影響評価手法第2版（LIME2： Life cycle Impact assesement Method based on Endpoint modeling ）を用いて計算した。

[社会コスト(円)]＝[インベントリ分析結果] ×[統合化係数]

例）ある物質1kgの負荷は社会的費用いくらに相当するか

【LIME2】

LCA国家プロジェクトと連携し、産総研ライフサイクルアセスメント研究センターで開発した環境影響評価手法。自然科学的知見（疫学,生態学,数理生物学,毒性学,気象学,緑地学など）と社会科学的分析（経済学,社会学,心理学など）を活用し、環境影響を評価できる。

【参考情報】

●伊坪徳宏,稲葉敦：“LIME2-意思決定を支援する環境影響評価手法”丸善, (2010)

●産総研ライフサイクルアセスメント研究センターウェブページ

LIME (被害算定型環境影響評価手法)

http://www.aist-riss.jp/old/lca/ci/activity/project/lime/index.html

LIME2

http://www.aist-riss.jp/old/lca/ci/activity/project/lime2/index.html

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <本事業での環境影響評価の方法>

(2) 温室効果ガス（GHG,Green House Gas）排出量

インベントリ分析結果から得られた温室効果ガス（CO_2、CH_4、N_2O）の排出量に、IPCC 第2 次報告書の100 年値であるGWP を乗じたものを足し合わせ算出。（単位はkg-CO_2eq）

表　本事業で使用した地球温暖化に関する特製化係数（GWP）

温室効果ガス	第2次報告書
	100年係数
二酸化炭素（CO_2）	1
メタン（CH_4）	21
亜酸化窒素（N_2O）	310

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
< 環境影響(社会コスト・ GHG排出量)の計算イメージ >

【1】インベントリ（環境負荷）：　[使用量]　×　[排出原単位]
【2】環境影響：　[インベントリ]　×　[統合化係数]

例）原材料の調達～製品輸送までの段階で、
　　軽油1Lを消費する場合の環境影響

【1】インベントリ（環境負荷）
[軽油(1L)]　×　[排出原単位(2.8kg-CO_2/L)]　=　2.8kg-CO_2

【2】環境影響
①GHG排出量(CO_2,CH_4,N_2O)
[軽油(1L)]　×　原単位[2.9kg-CO_2eq/L]　=　2.9kg-CO_2eq
②外部費用（社会コスト）
[インベントリ結果]　×　[統合化係数（CO_2(地球温暖化)）]
= 2.8kg-CO_2　×　2.3円/kg-CO_2
= 6.4円

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <対象事業者概要>

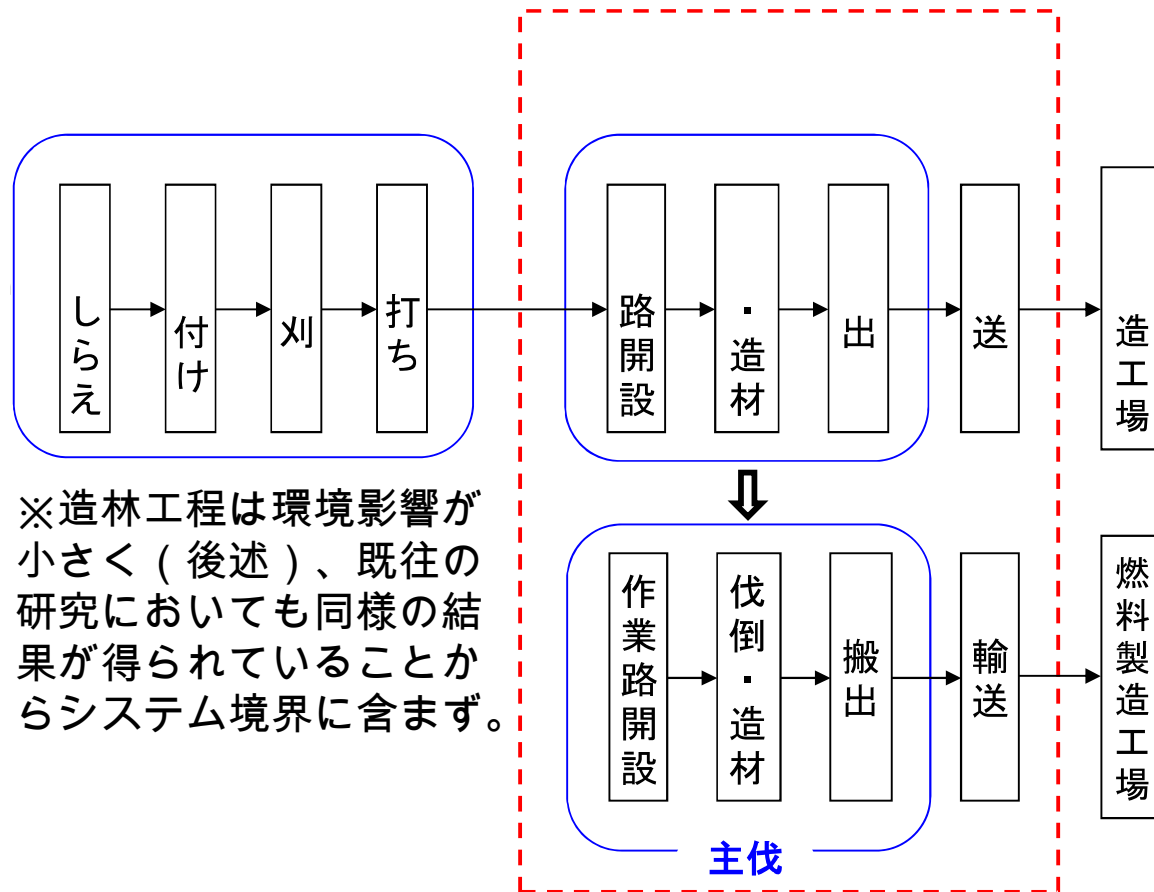
	A 社	B 社	C 社（森林組合）
エリア	群馬県	山梨県	京都府
作業員数（人）	13	6	13
主な施業内容	皆伐、利用間伐	造林 、利用間伐	利用間伐、造林、育林
平成 22 年度年間素材生産量（㎥）	16,000	2,000	13,300
特徴	素材生産(間伐、皆伐)に特化した民間の林業事業体。高密度路網を作設し、プロセッサ、フォワーダ等の車両系機械を用いる。間伐方式は列状間伐及び定性間伐。	造林・育林や搬出間伐を行う民間の林業事業体。間伐方式は点状の定性間伐。主に従来型の林業機械を用いる。	地域の森林所有者と管理契約を結び提案型集約化施業を行う森林組合。ハーベスタ、フォワーダ等の車両系機械化システムを用いる。間伐方式は定性間伐。

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
< 評価対象地基本データ >

④ 面積(ha)	17	33	3	228
⑤ 集材方法	路網集材	路網集材	路網集材	路網集材
⑥ 作業システム	グラップル (作、伐、搬) チェーンソー (伐) プロセッサ (伐) フォワーダ (搬)	グラップル (作、伐、搬) チェーンソー (伐) プロセッサ (伐) フォワーダ (搬)	グラップル (作、伐、搬) チェーンソー (伐)	パワーショベル (作) グラップル (伐、搬) チェーンソー (伐) ハーベスター (伐) フォワーダ (搬)
⑦ 運材トラック	10tトラック	10tトラック	4tトラック	10tトラック 4tトラック
⑧ 平均輸送距離(km)	13	49	16	30
⑨ 出荷材積(m^3)	3,300	2,700	100	13,200

作:作業路開設、伐:伐倒・造材、搬:搬出

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
＜システム境界※（丸太）＞

※製品システムと環境又は他の製品システムとの境界(JIS Q 14040)。システム境界の内側のプロセスはLCAのデータ収集・解析の対象になる。

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <フォアグラウンドデータ※（丸太）>

※LCA 実施者が直接収集･ 測定可能な素材やエネルギーの使用量や製品の生産量などのデータであり、調査対象の製品やサービスに直接的に関与するデータ。

表　フォアグラウンドデータ（丸太）

	グリース	L	1.43E-01
通勤	ガソリン	L	3.41E-01
丸太輸送	軽油	L	3.21E-02
	4tトラック	t･km	3.92E+00
	10tトラック	t･km	7.25E+00
アウトプット	丸太	t	1.00E+00

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 ＜影響評価（丸太：社会コスト）＞

・ 丸太1tあたりの社会コスト（単純平均値）は99円。
・ 地球温暖化の影響が最も大きい
・ 伐倒・造材が最も大きく全体の44%、次いで作業路開設が全体の30%を占めた。
⇒丸太生産の環境負荷低減には伐倒・造材及び作業路開設の作業システム改善が重要

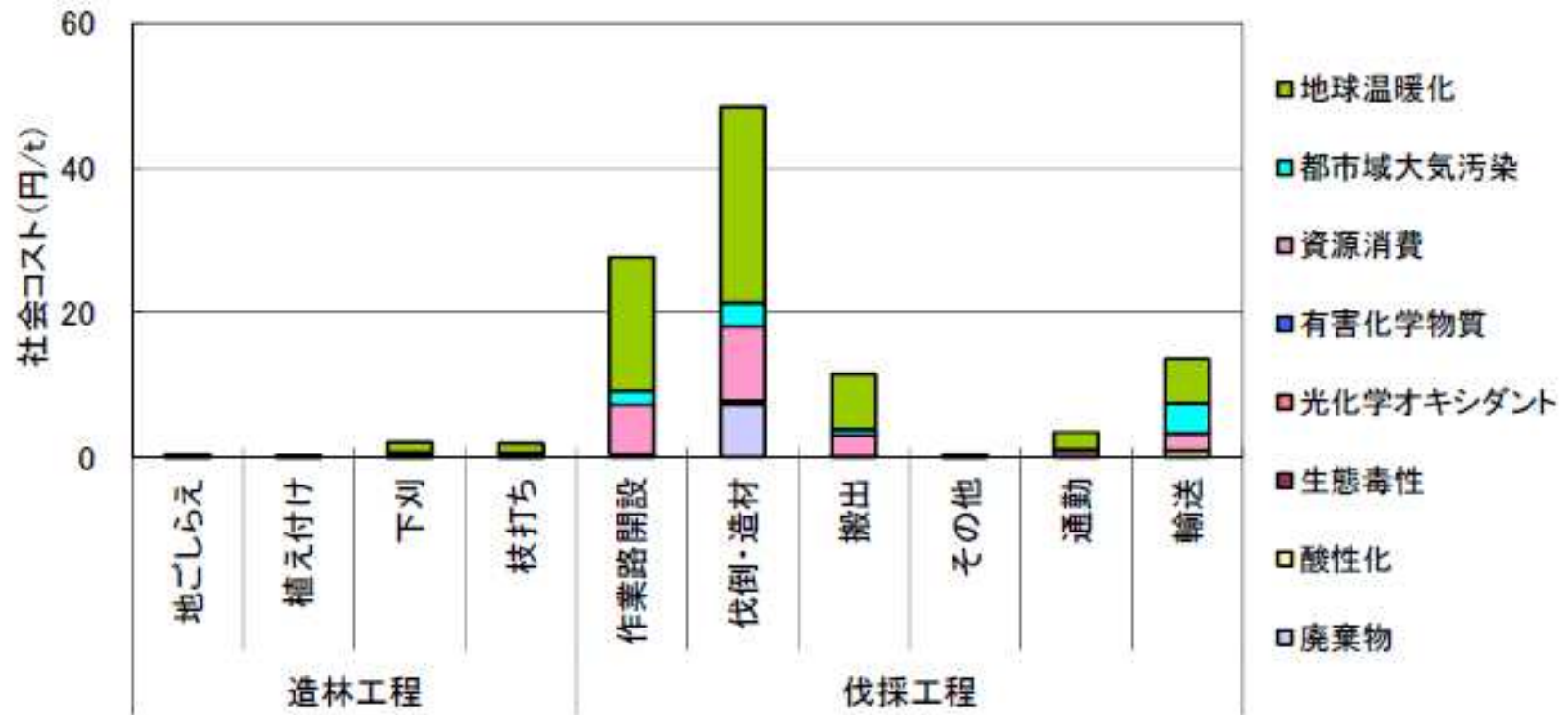



図　丸太1tあたりの社会コスト

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<影響評価（丸太：GHG排出量）>

- 丸太1tあたりのGHG排出量は26kg-CO_2換算量
- 工程別の負荷の傾向は社会コストと同様。
  伐倒・造材：約44%、作業路開設：30%、搬出：12%、輸送：10%

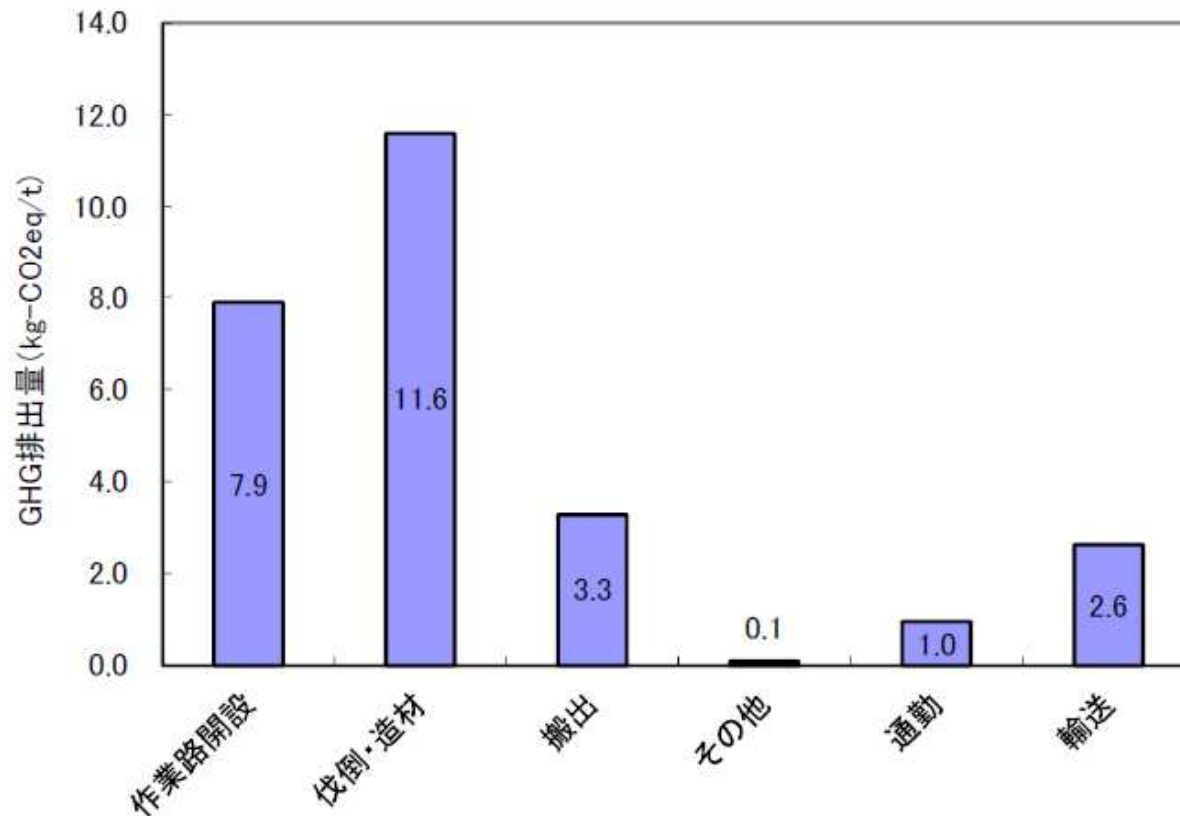



図　丸太1tあたりのGHG排出量

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 ＜対象事業者概要（薪）＞

	D 社	E 社	F 社
所在地	長野県	滋賀県	熊本県
事業概要	薪製造・販売、薪ストーブ・薪割り機販売	薪製造・販売	薪製造・販売
調査期間	薪製造段階は H23.2.7～H23.2.10 までの 4 日間、輸送段階は H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間	H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間	H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間
薪の原材料	アカマツ・カラマツ等	ナラ、カシ等	コナラ、スギ、ヒノキ等
原材料の輸送方法	軽トラック、4t トラック、10t トラック	1.5、2、4、10 t トラック	軽トラック、4t トラック、10t トラック
薪製造方法	自動及び手動薪割り機	手動薪割り機	自動薪割り機
製品	薪（針葉樹が主）	薪（広葉樹）	薪（針葉樹・広葉樹）
製品の輸送方法	軽トラック等	3t ダンプ	1.5t トラック
製品の水分率	15.0%w.b.	14.3%w.b.	16.6%w.b.
製品の低位発熱量	16.3 MJ/kg	15.4 MJ/kg	15.4 MJ/kg
製品製造量	約 1,000t/年	約 200t/年	約 70t/年

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <システム境界（薪）>

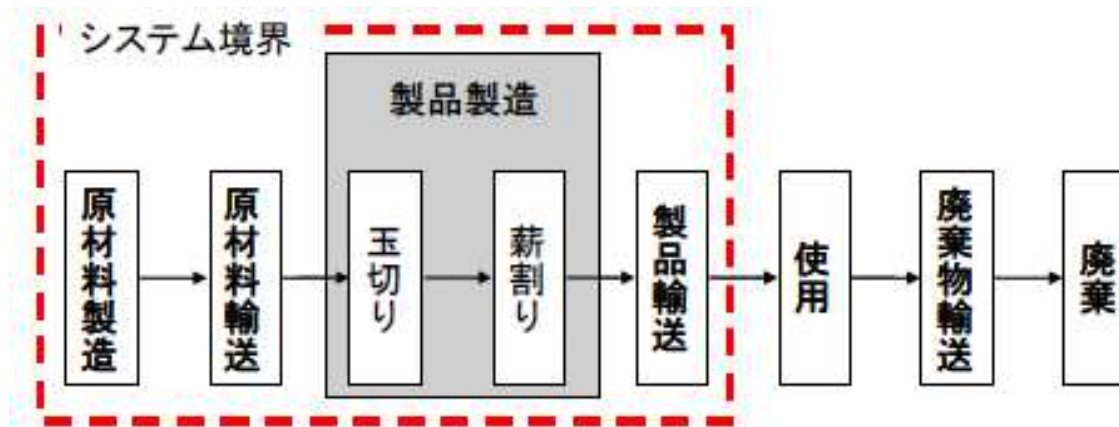
・システム境界：原材料製造～製品輸送まで。
　※原材料丸太の製造原単位は、本調査で得られた丸太のインベントリ結果を使用
・薪の製造は他の木質バイオマス燃料と比較してもシンプル。
　他の木質製品の製造はなく、薪のみを製品として製造。

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<フォアグラウンドデータ(薪)>

表　フォアグラウンドデータ(薪)

工程		項目	単位	量
インプット	原材料	丸太	t	7.06E-02
	エネルギー	軽油	L	1.46E-02
		ガソリン	L	1.69E-01
		A重油	L	4.35E-02
		購入電力	kWh	1.86E-02
	消耗品	チェーンオイル	L	3.02E-03
		ひまし油	L	1.08E-03
		サラダ油	t	4.15E-03
		ネット	kg	2.36E-03
アウトプット	製品	薪	t	6.21E-02

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <影響評価（薪：社会コスト）>

・ 薪1GJ当たりの社会コストは、17.6円。
・ 工程別の負荷
製品輸送：39%、原材料製造：39%、製品製造： 13% 、原材料輸送： 8%
⇒薪については小規模のユーザーが多いと考えられ、より効率的な配送方法の工夫等により、環境負荷低減が期待される。

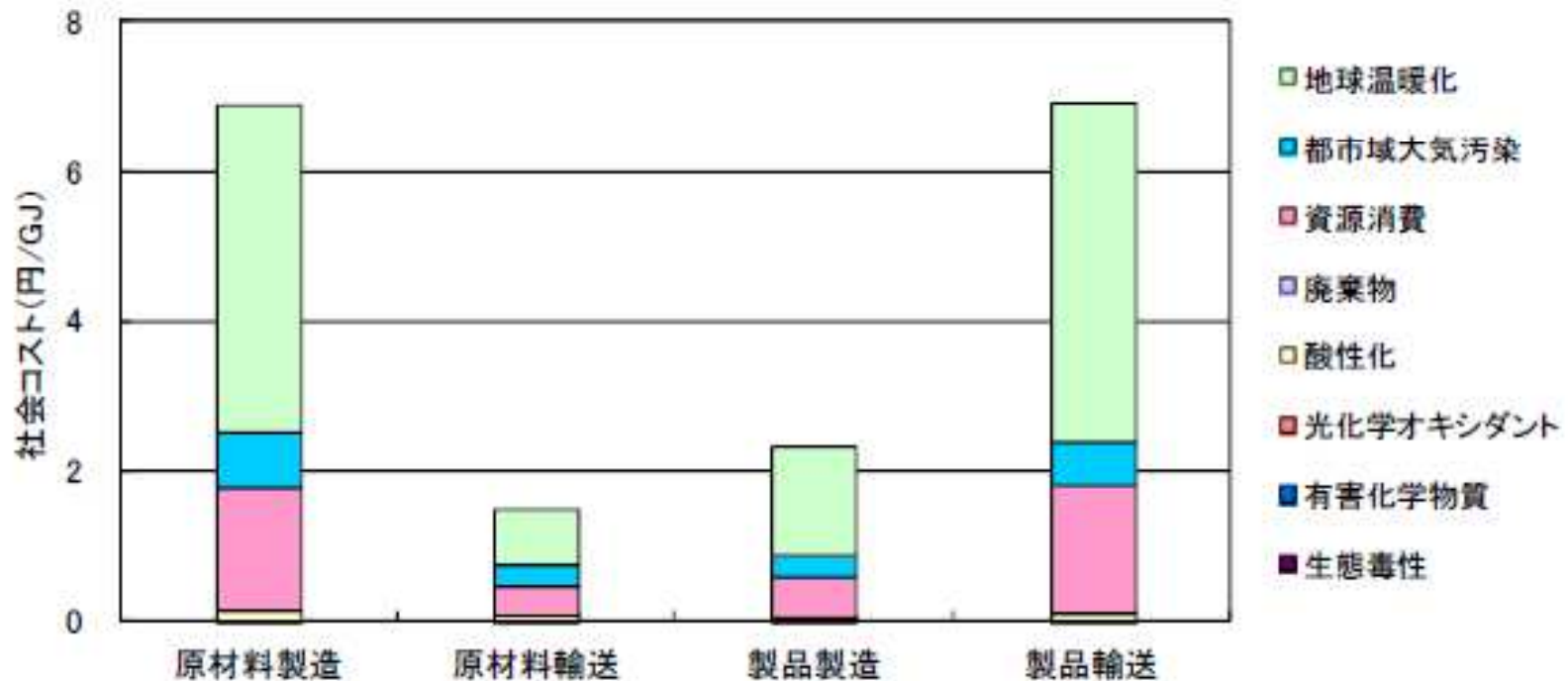



図　薪1GJあたりの社会コスト

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 ＜影響評価（薪：GHG排出量）＞

・ 薪1GJ当たりのGHG排出量は、4.7kg-CO_2換算量
・ 工程別の負荷の傾向は社会コストと同様。
　製品輸送：41%、原材料製造：39%、製品製造： 13% 、原材料輸送： 6%

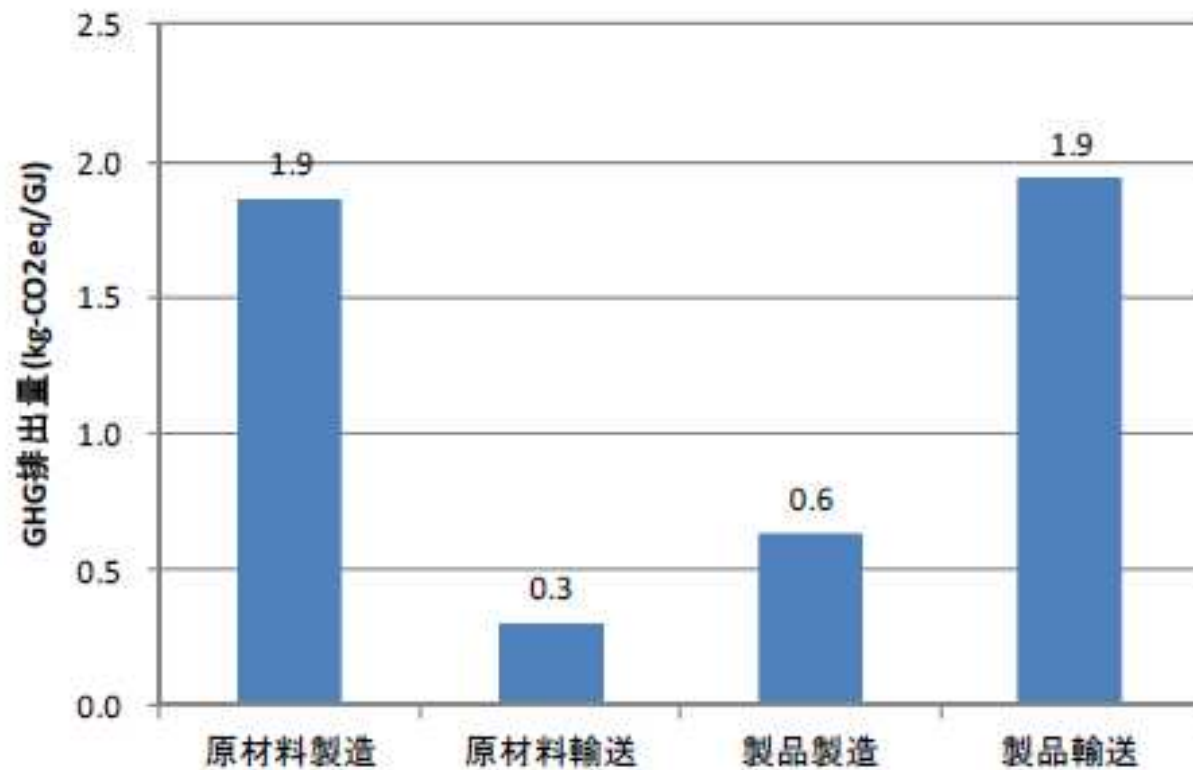
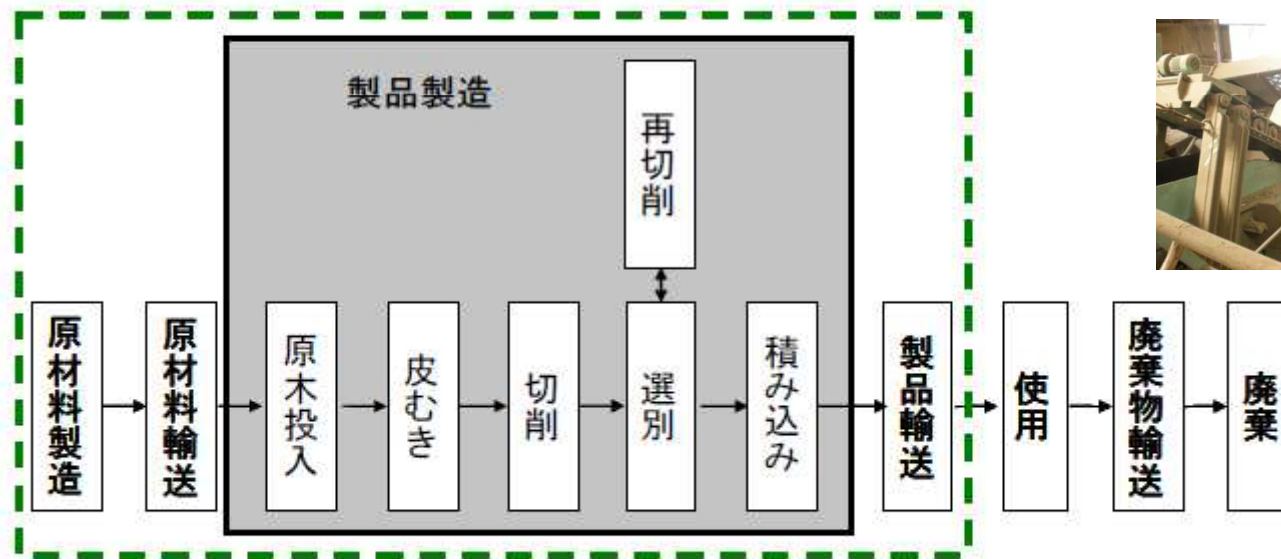



図　薪1GJあたりのGHG排出量

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 ＜対象事業者概要（チップ）＞

	G 社	H 社	I 社
所在地	山梨県	埼玉県	鹿児島県
事業概要	チップ製造 (製紙・ボード・燃料用)	チップ製造・販売	チップ、敷料 etc 製造・販売
調査期間	H22.8 月～H23.3 月まで (実証事業データ)	H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間	H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間
チップの原材料	樹皮、丸太、枝葉	丸太(針葉樹・広葉樹)	枕木、木枝、抜根、丸太(針葉樹・広葉樹)
原材料の輸送方法	20t トラック、10kL タンクローリー、軽トラック	1.5t トラック他多車種	2、4、15、20t トラック タンクローリー (10kL、16kL)
チッパーのタイプ※	クラッシャータイプ	フレーカータイプ	クラッシャータイプ及びフレーカータイプ
製品	燃料用チップ (自家消費)	製紙用チップ ※副産物としてチップダスト、バークが発生	製紙用・燃料用チップ、敷料 ※製紙用チップ製造時には副産物としてバークが発生
製品の輸送方法	製品チップ自家利用のため無し	大型ダンプ(15 ㎥)、大型トレーラー及び大型単車	15、20t トラック
製品の水分率	40.0%w.b.	38.4%w.b.	43.2%w.b.(広葉樹チップ) 38.9%w.b.(針葉樹チップ)
製品の低位発熱量	10.7 MJ/kg	10.6 MJ/kg	9.4 MJ/kg(広葉樹チップ) 11.0MJ/kg(針葉樹チップ)
製品製造量	約 4,500t/年	約 17,000t/年	約 5,000t/年

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <システム境界(チップ(フレーカータイプ(H社・I社)))>

・ 下記2社では工場内で副製品が発生する。
H社：バーク、チップダスト
I社：バーク
⇒配分※を実施
※ 1つのプロセスから2つ以上の製品が生産される時、プロセスへ投入される物質やエネルギー、ならびにプロセスから排出される物質をそれぞれの製品に分けること。

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <システム境界8チップ(クラッシャータイプ(G社・I社)))>

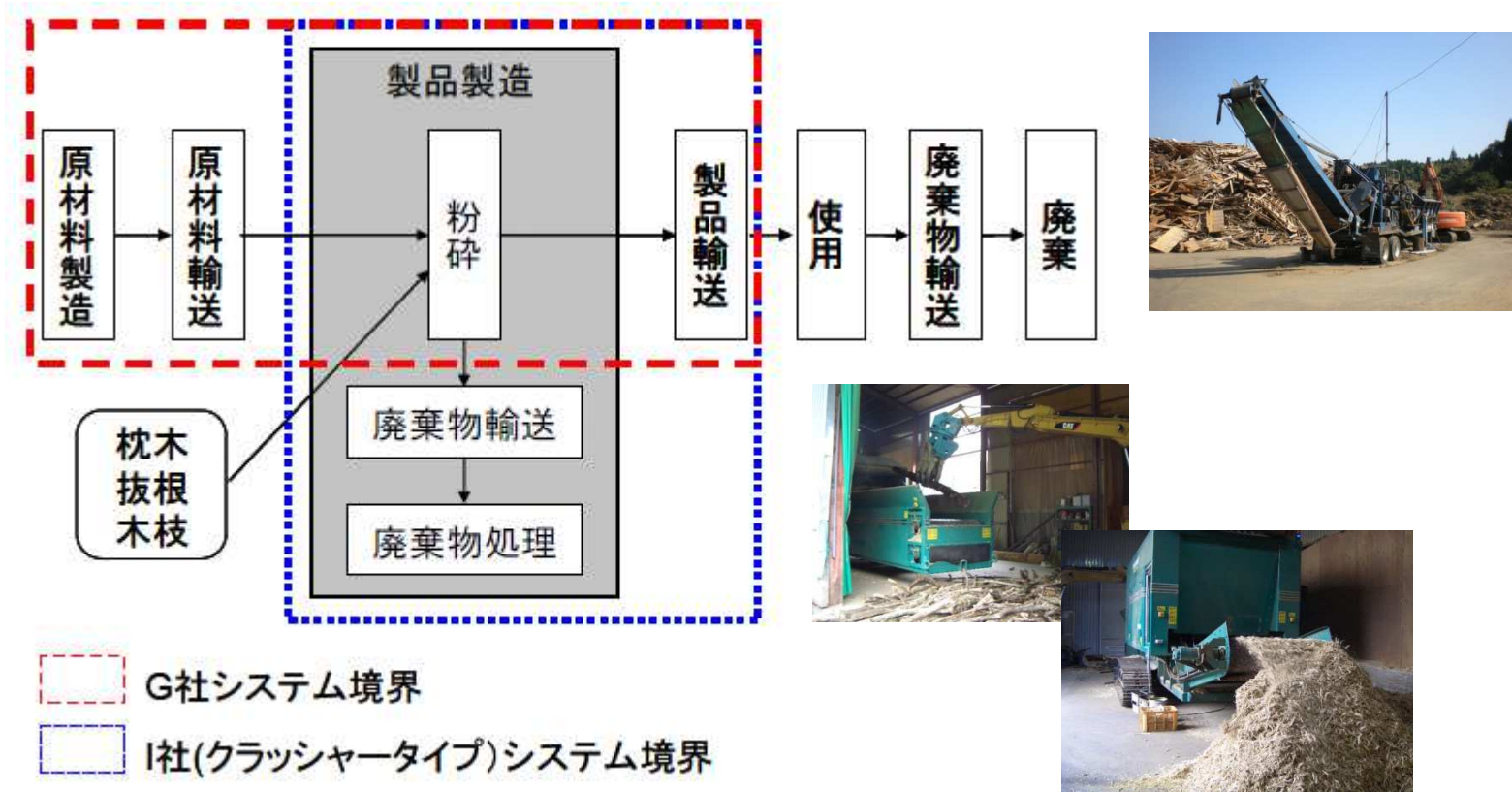
廃棄物を原料として用いる際、リサイクルを行うことが決まった時点で、それ以降のプロセスは下流側の製品が負うこととされている。
⇒I社（クラッシャータイプ）では、産業廃棄物として枕木・抜根・木枝を引き受けているため、原材料製造から原材料輸送に関しては、システム境界外とした。

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 ＜フォアグラウンドデータ（チップ）＞

表1　フォアグラウンドデータ（重量配分）

工程		項目	単位	量
インプット	原材料	丸太	t	8.77E-02
		枕木	t	1.64E-03
		木枝・抜根	t	6.61E-03
	エネルギー	軽油	L	2.47E-01
		混合ガソリン	L	2.69E-03
		A重油	L	1.30E-01
		購入電力	kWh	9.67E-01
	消耗品	グリース	L	1.17E-04
		チェーンオイル	L	4.25E-03
		チッパーの刃	t	1.60E-07
アウトプット	製品	チップ	t	9.59E-02
	廃棄物	木くず	t	2.90E-05

表2　フォアグラウンドデータ（価値配分）

工程		項目	単位	量
インプット	原材料	丸太	t	9.66E-02
		枕木	t	1.64E-03
		木枝・抜根	t	6.61E-03
	エネルギー	軽油	L	2.58E-01
		混合ガソリン	L	3.66E-03
		A重油	L	2.05E-01
		購入電力	kWh	9.50E-01
	消耗品	グリース	L	1.17E-04
		チェーンオイル	L	4.64E-03
		チッパーの刃	t	1.60E-07
アウトプット	製品	チップ	t	9.59E-02
	廃棄物	木くず	t	2.90E-05

【参考：配分に関して】
ISO14044において、配分は、単位プロセスの細分化をするなどして回避することとされているが、回避できない場合、一つのプロセスから生産される複数の製品に対して、方法を明確に説明した上で各製品へ環境負荷量を配分する必要がある。
＜配分の手順（ISO14041）＞
（1）配分を回避する
・単位プロセスの細分化
・システム境界の拡張（代替システム）
（2）物理的パラメータ（質量、発熱量など）による配分
（3）製品および機能間のその他の関係を反映する方法

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<影響評価（チップ：社会コスト(重量配分)）>

・ チップ1GJ当たりの社会コストは、34.8円。
・ 重量配分、価値配分での評価結果は大きく変わらず。
・ 影響の大きかった領域：地球温暖化、都市域大気汚染、資源消費
・ 工程別の負荷
製品輸送:33%、製品製造:28%、原材料製造:26%、原材料輸送:13%

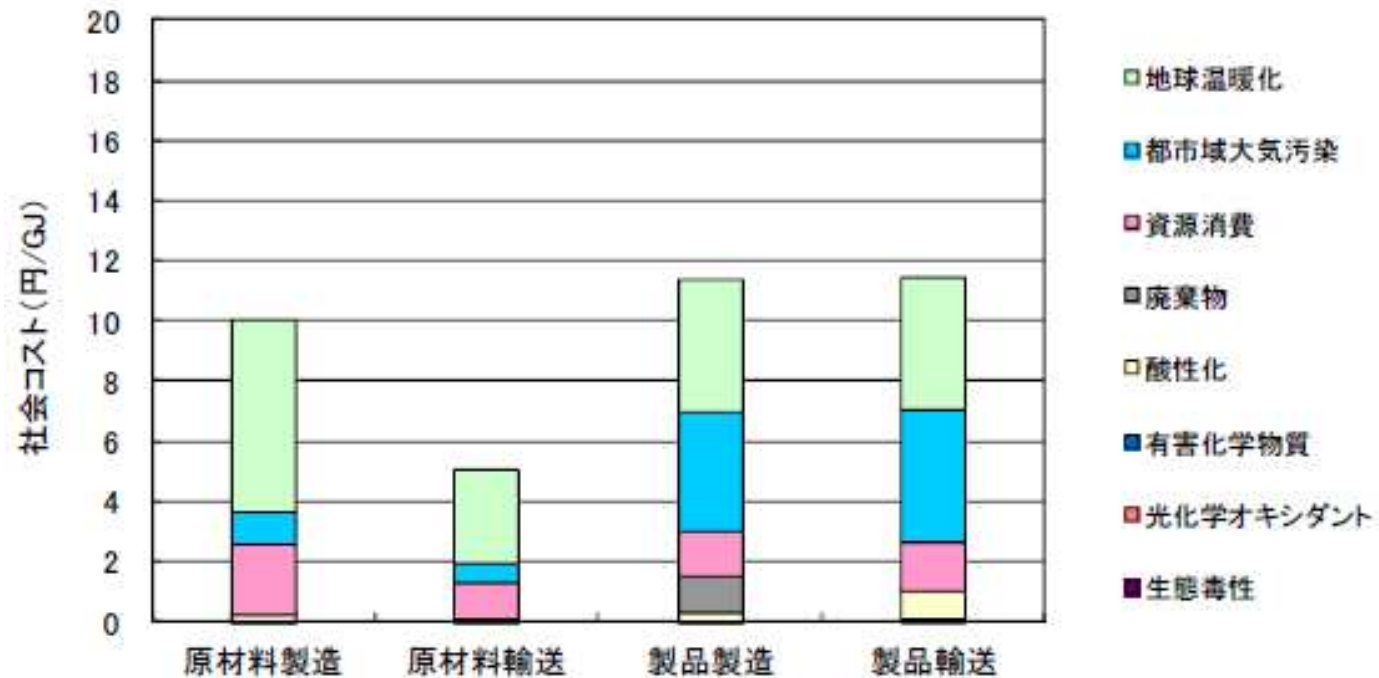



図　チップ1GJあたりの社会コスト（重量配分）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
< 影響評価（チップ：社会コスト(価値配分)） >

- チップ1GJ当たりの社会コストは、37.9円。
- 影響の大きかった領域：地球温暖化、都市域大気汚染、資源消費
- 工程別の負荷
  製品輸送:30%、製品製造:30%、原材料製造:27%、原材料輸送:13%

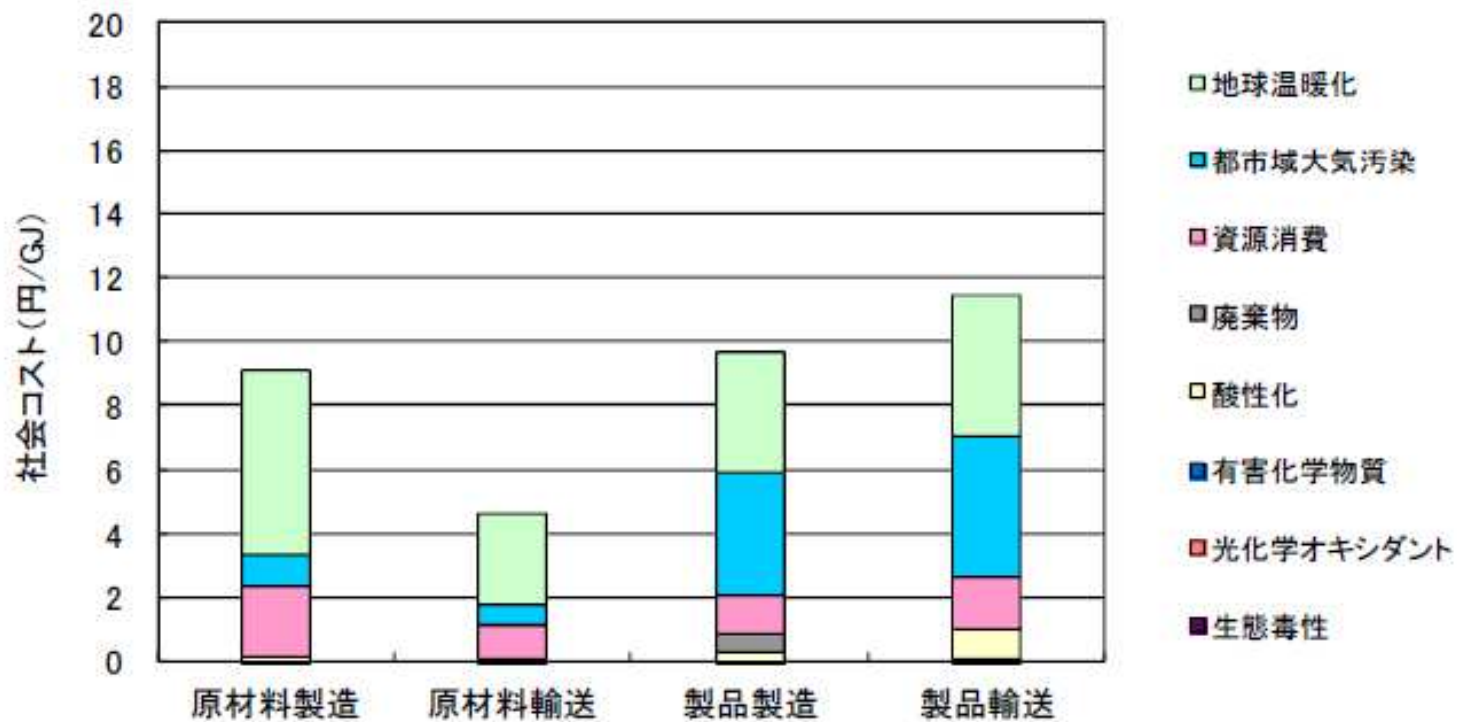



図　チップ1GJあたりの社会コスト（価値配分）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <影響評価（チップ：GHG排出量(重量配分)）>

・チップ1GJ当たりのGHG排出量は、13.4kg-CO_2換算量
・工程別の負荷
製品製造:48%、製品輸送:25%、原材料製造:18%、原材料輸送:9%

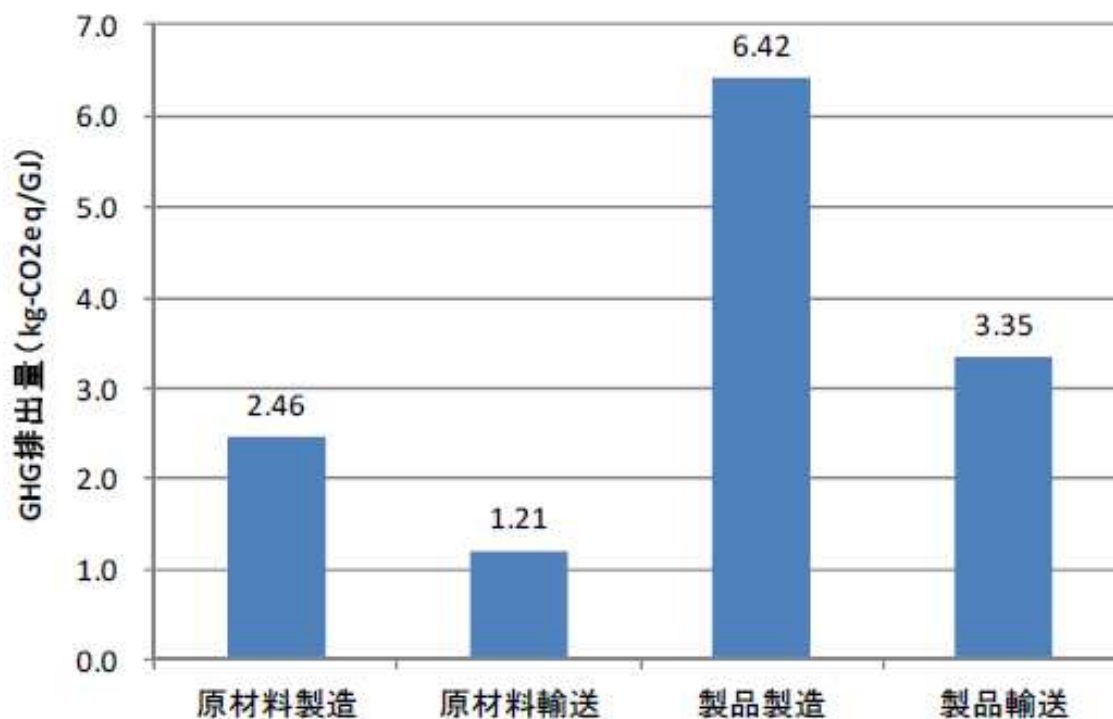



図　チップ1GJあたりのGHG排出量（重量配分）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <影響評価（チップ：GHG排出量）>

- チップ1GJ当たりのGHG排出量は、7.8kg-CO_2換算量
- 工程別の負荷
  原材料製造:35%、製品製造:24%、製品輸送:24%、原材料輸送:17%

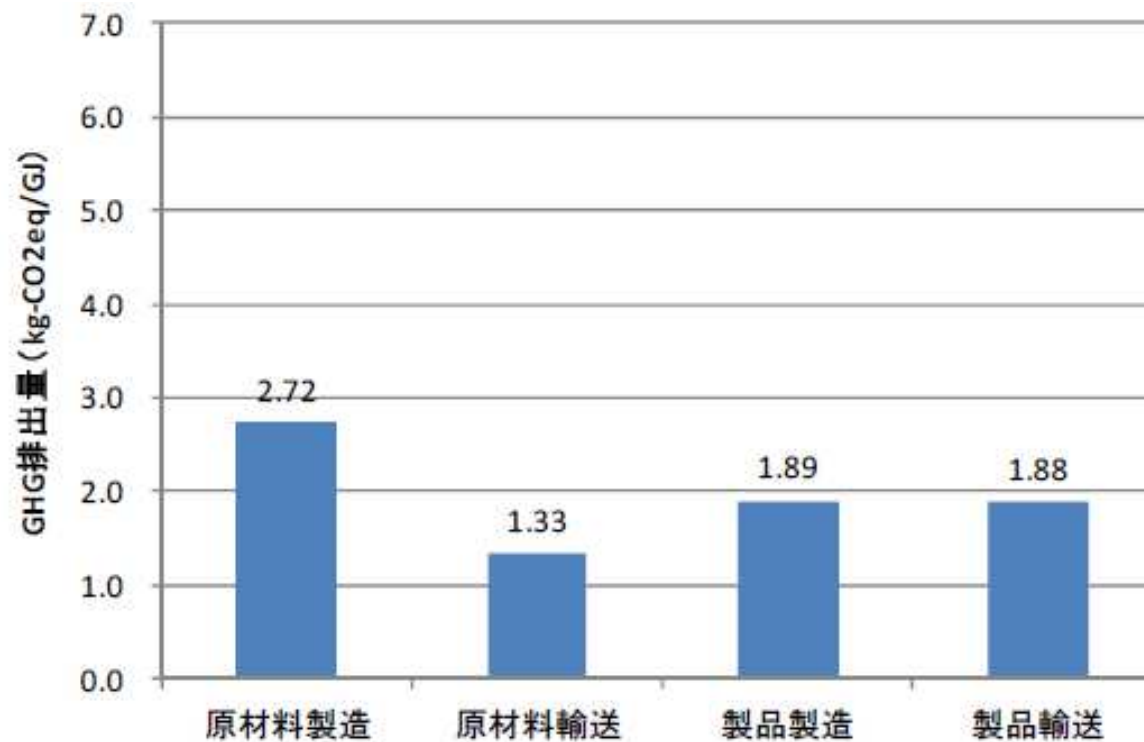
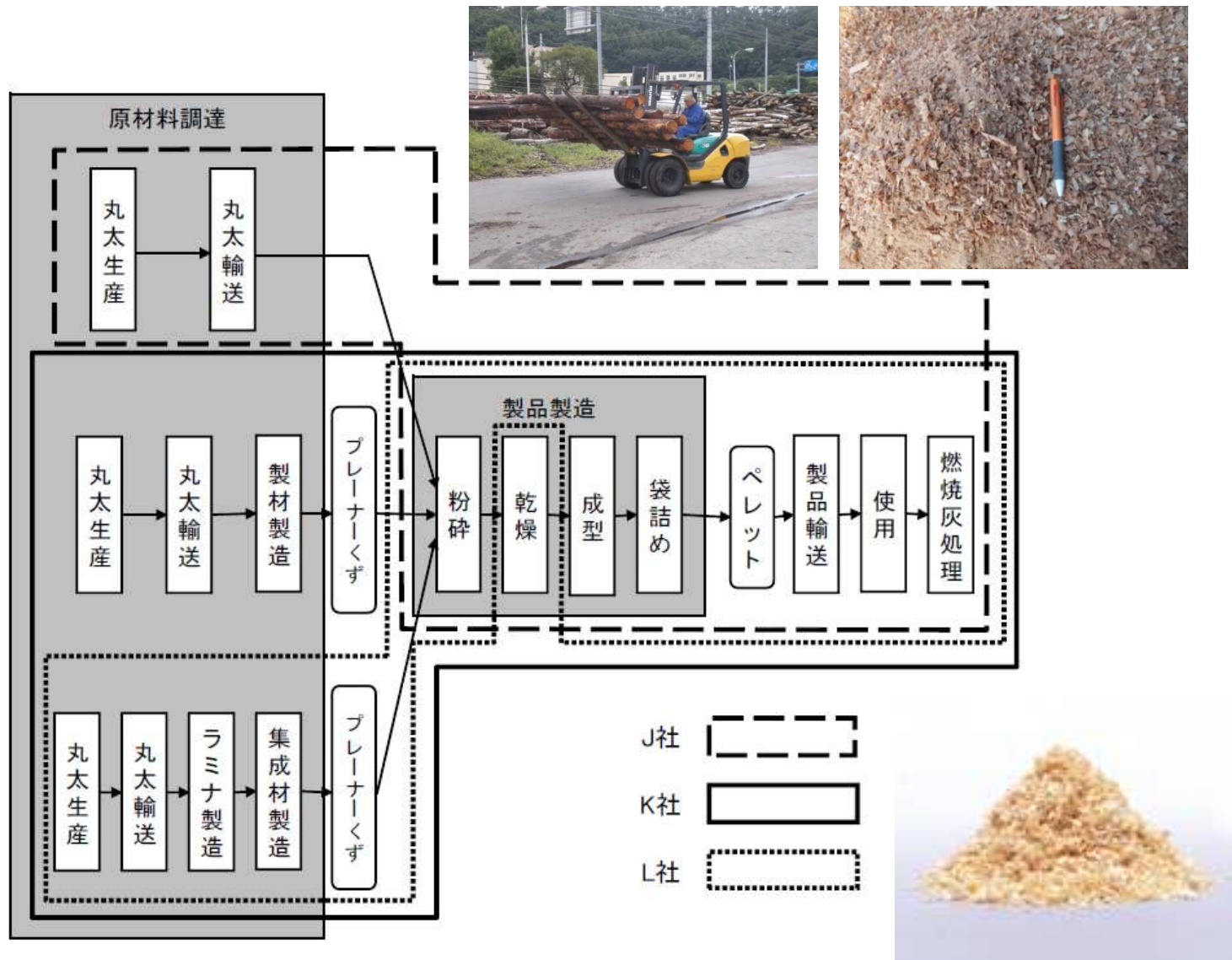



図　チップ1GJあたりのGHG排出量（価値配分）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <対象事業者概要（ペレット）>

	J社	K社	L社
所在地	長野県	福井県	岡山県
事業概要	ペレット製造・販売	製材加工、ペレット製造・販売等	集成材、製材加工、ペレット製造販売
調査期間	H22.3月～H23.2月 ※ペレット製造時電力消費量の計測を1日間実施。	ペレット製造段階はH23.10.13の1日間、輸送段階はH22.4月からH23.3月までの1年間	H21.1月から12月まで
原材料	丸太（間伐材（生材））	生プレーナー屑（製材及び集成材製造時に発生するプレーナーくず）	乾燥プレーナー屑（集成材の製造時に発生するプレーナーくず）
原材料の輸送方法	2.3 丸太の環境影響評価の調査結果を使用	フォークリフト（自社の製材、集成材製造ラインから調達）※消費量が不明のため評価に含めず。	エア搬送（自社の集成材製造ラインから調達）
製品	全木ペレット	ホワイトペレット	ホワイトペレット
製品の輸送方法	4tトラック	4tトラック	4、10、15、20tトラック
製品の水分率	8.5 %w.b.	9.8 %w.b.	6.0 %w.b.
製品の低位発熱量	18.0 MJ/kg	17.4 MJ/kg	18.1 MJ/kg
製品製造量	約1,500t/年	約200t/年	約10,000t/年

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<システム境界（ペレット）>

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<フォアグラウンドデータ（ペレット）>

	分類	品目	単位	数量
インプット	原材料	丸太	kg	1.38E+01
		プレーナーくず	kg	4.83E+01
	エネルギー	電力	kWh	8.04E+00
		軽油	L	4.65E-06
		灯油	L	1.82E-04
		乾燥用ペレット	kg	9.38E-01
	消耗品	グリース	kg	2.14E-03
		ギヤオイル	L	2.80E-04
		清缶剤	kg	2.08E-04
		塩	kg	9.63E-04
		ローラーシェル	kg	4.33E-05
		ダイ	kg	5.95E-04
		ベアリング	kg	2.02E-03
		包装袋（ポリエチレン）	kg	3.58E-02
		フレコンバック（ポリプロピレン）	kg	2.35E-01
	製品輸送	20tトラック	t・km	2.35E-04
		15tトラック	t・km	2.13E+01
		10tトラック	t・km	1.10E+00
		4tトラック	t・km	1.87E+00
アウトプット	製品	木材ペレット	GJ	1.00E+00

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<影響評価（ペレット：社会コスト(重量配分)）>

・ペレット1GJ当たりの社会コストは、575円。
・影響の大きかった領域：都市域大気汚染
・工程別の負荷：原材料調達:88%、製品製造:7%、製品輸送:5%
・副産物の負荷が大きく、重量配分で大きく反映される。

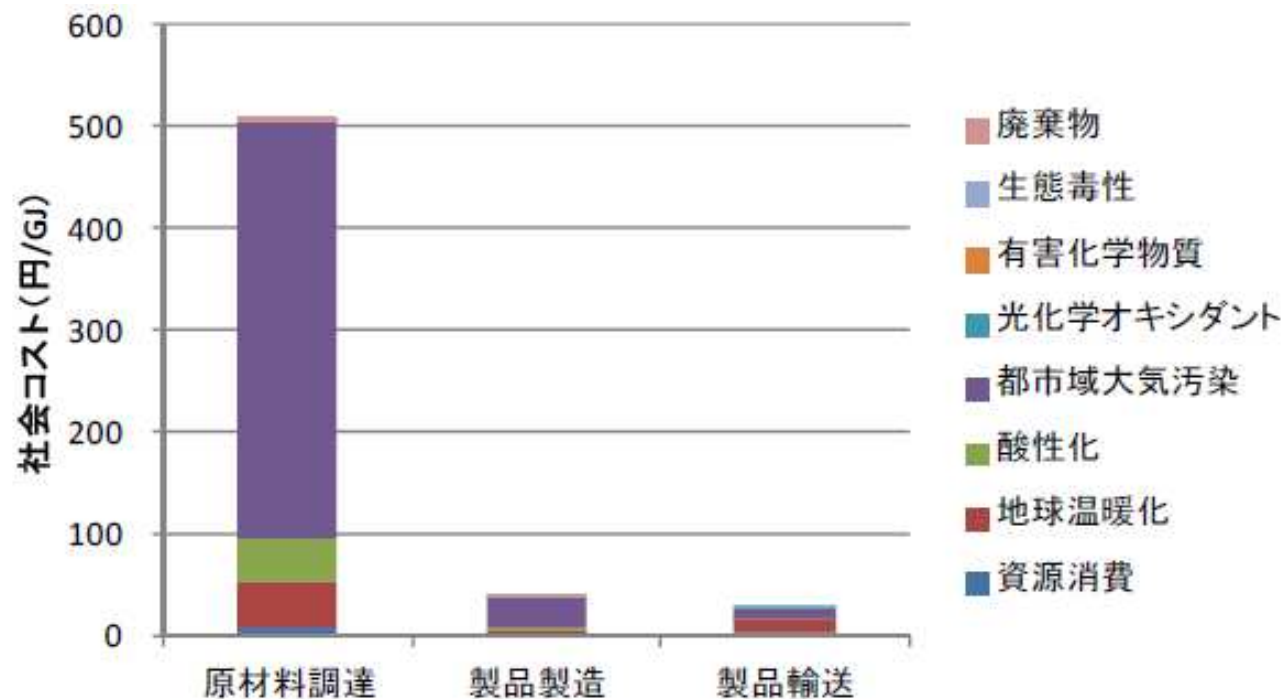



図　ペレット1GJあたりの社会コスト（重量配分）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <影響評価（ペレット：社会コスト(価値配分)）>

・ ペレット1GJ当たりの社会コストは、80円。
・ 影響の大きかった領域：都市域大気汚染、地球温暖化
・ 工程別の負荷：製品製造:50%、製品輸送:33%、原材料調達:17%
⇒製品製造段階における電力消費量と、ボイラー等によるばいじんの発生量の低減が重要

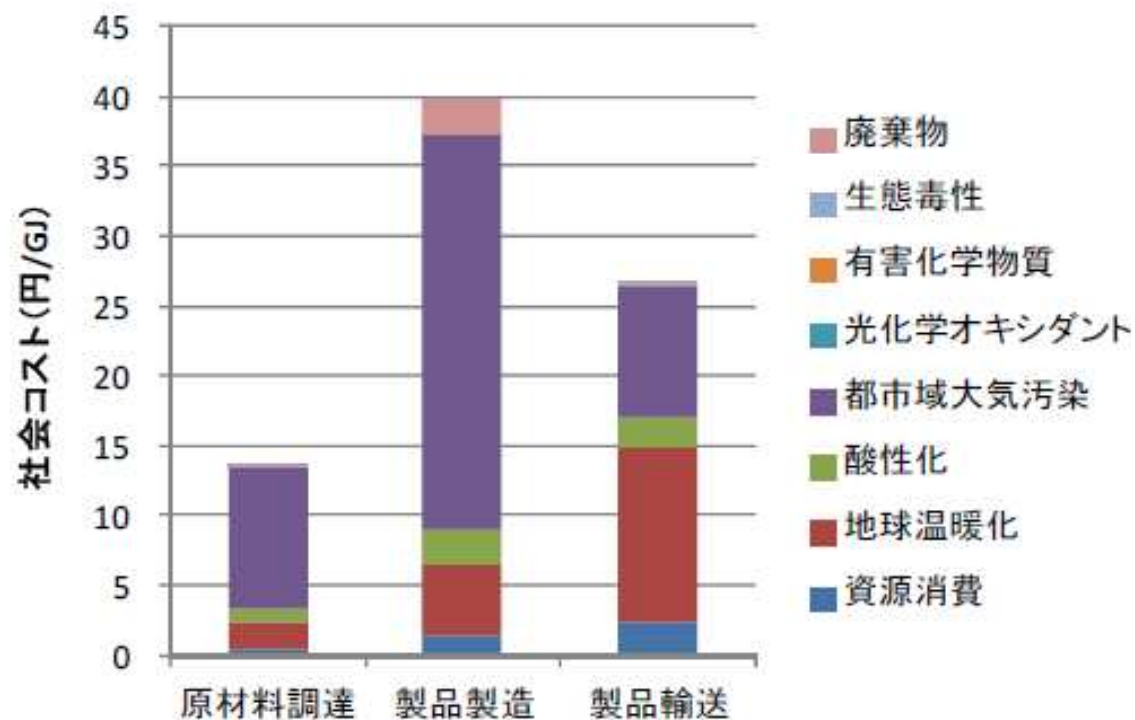



図　ペレット1GJあたりの社会コスト（価値配分）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <影響評価（ペレット：GHG排出量(重量配分)）>

- ペレット1GJ当たりのGHG排出量は、26kg-CO_2換算量
- 工程別の負荷：　原材料調達:73%、製品製造:7%、製品輸送:20%

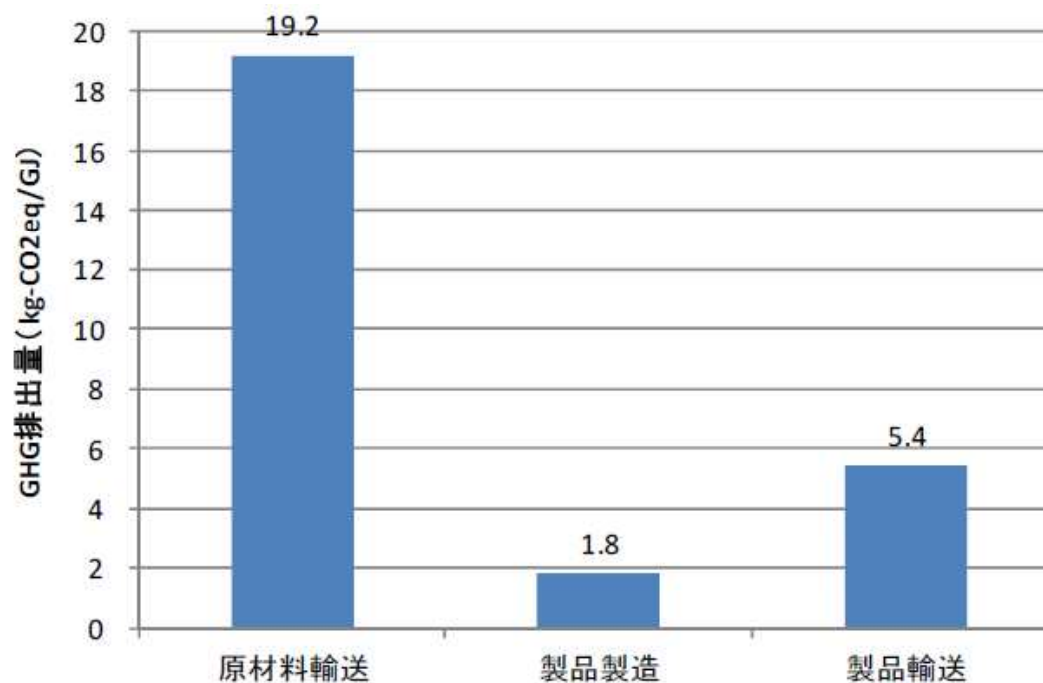



図　ペレット1GJあたりのGHG排出量（重量配分）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <影響評価（ペレット：GHG排出量(価値配分)）>

・ペレット1GJ当たりのGHG排出量は、8kg-CO_2換算量
・工程別の負荷：　原材料調達:10%、製品製造:23%、製品輸送:67%

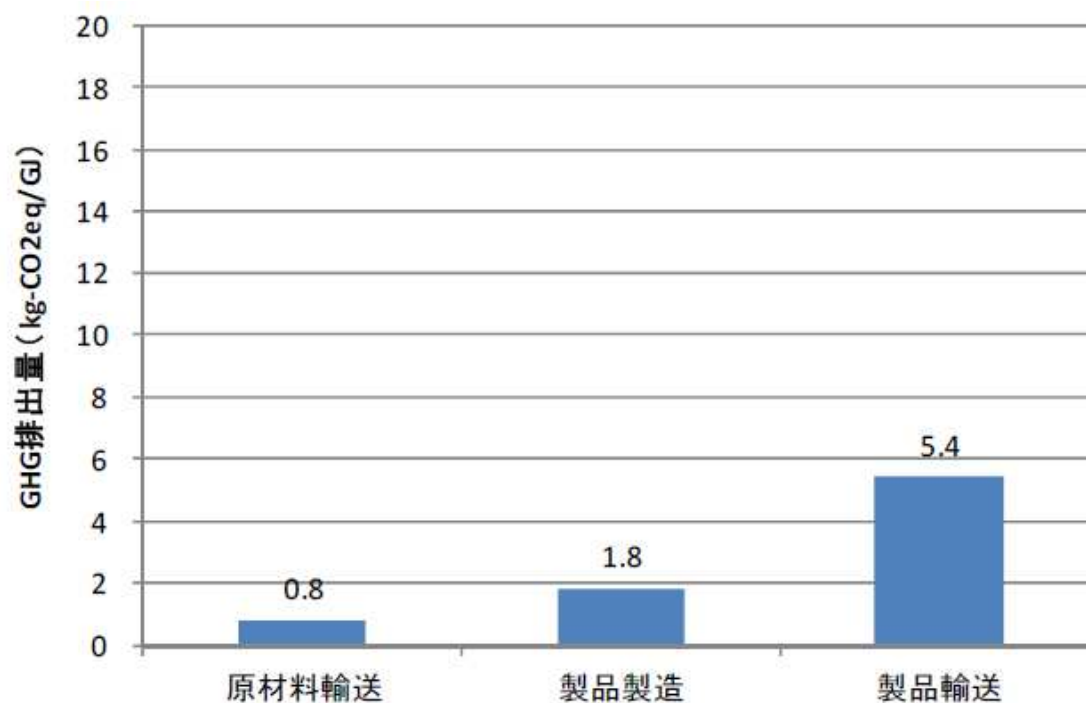



図　ペレット1GJあたりのGHG排出量（価値配分）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <調査結果まとめ>

表　国内製造木質バイオマスの環境影響評価結果

		薪	チップ	ペレット
社会コスト (円/GJ)	重量配分	17.6 (配分なし)	34.8	575.1
	価値配分		37.9	80.1
GHG 排出量 (kg-CO_2eq /GJ)	重量配分	4.7 (配分なし)	13.4	26.4
	価値配分		7.8	8.0

【丸太】

丸太生産の環境負荷低減には伐倒･造材及び作業路開設の作業システム改善が重要

【薪】

小ロットでの製品配送のため、製品輸送の環境負荷が最も大きい

⇒より効率的な配送システムの検討が必要

【チップ】

製品製造段階の環境負荷が比較的大きく、環境負荷低減には破砕の方法や樹種等、チップ化の効率化が重要

【ペレット】

・重量配分と価値配分で大きな違い。副産物はLCA計算結果に幅が生じる。

・ペレット製造段階における電力消費量と、ボイラー等によるばいじんの発生量の低減が重要

・地産地消のペレット利用が望ましい

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<参考：海外文献値との比較>

●比較した文献

(1) An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe(ペレット)

(2) Carbon and Energy Balances for a Range of Biofuels Options (チップ)

(3) A comparison of avoided greenhouse gas emissions when using different kinds of wood energy (ペレット・薪)

(4) LCA of environmental and socio-economic impacts related to wood energy production in alpine conditions:Valle di Fiemme(Italy) (チップ)

(5)国内・外産石炭火力混焼用バイオマス燃料の製造・輸送に関わるCO_2排出量の評価(ペレット)

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<参考：海外文献値との比較：薪>

・ 文献(3)と国内調査結果は、システム境界・ 配分条件が類似
・ 文献(3)から得られたデータに、以下の点を加えGHG排出量を推計。
  ・ 製品の海上輸送(外航船舶バラズミ船)
  ・ 輸入された製品の国内輸送（国内調査の3社平均を使用）
⇒国内の薪の方が、環境負荷が小さい結果

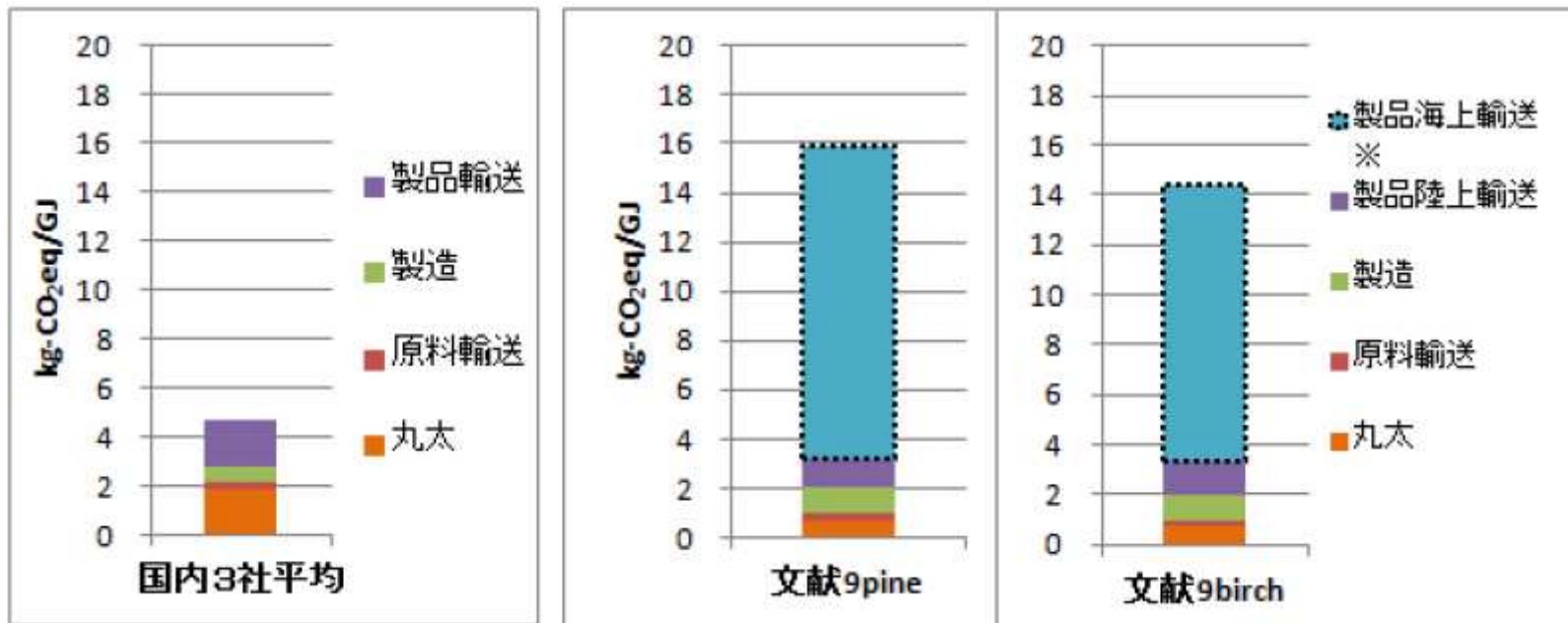



図　国内調査と海外文献データとの比較（薪）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価
<参考：海外文献値との比較：チップ>

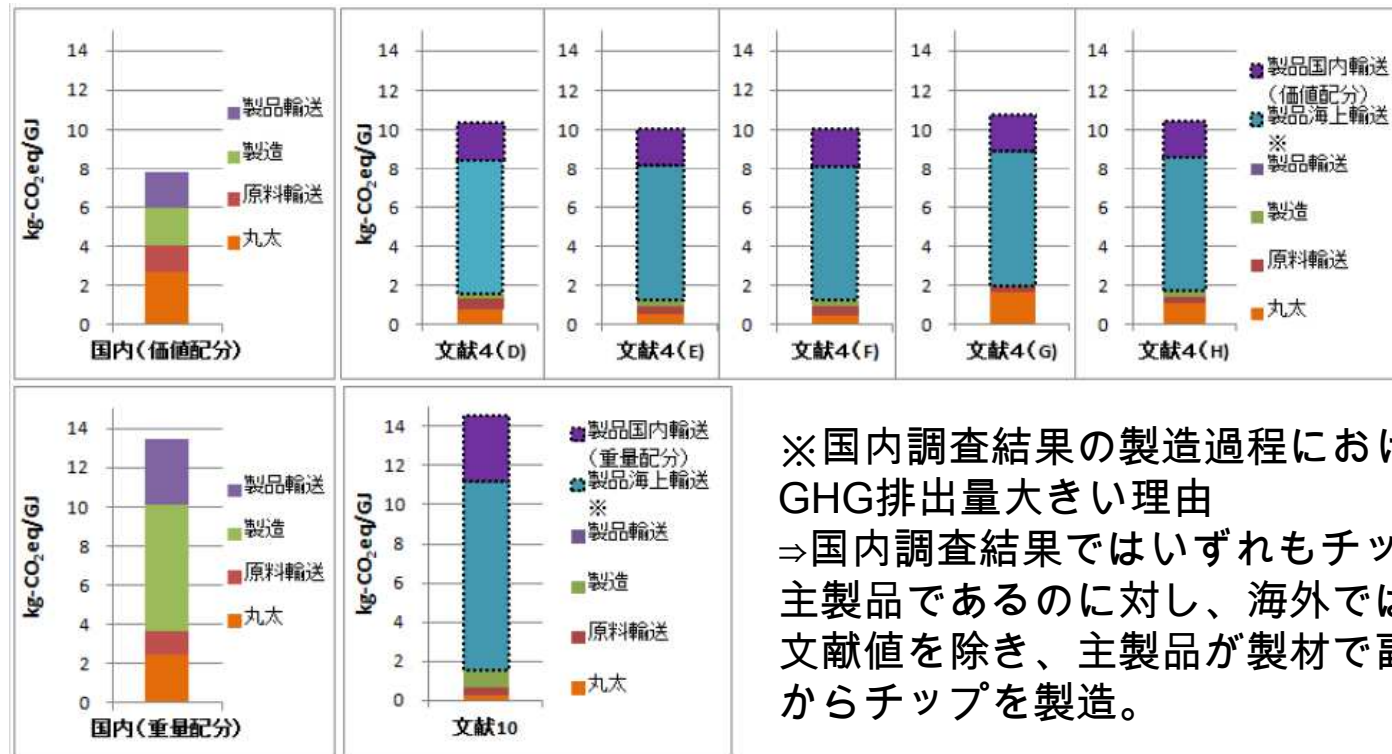
・システム境界は、概ね国内調査と同様。
・文献から得られたデータに、以下の点を加えGHG排出量を推計。
　・製品の海上輸送(2.5～5万DWTのバルク船)
　・輸入された製品の国内輸送（国内調査の3社平均を使用）
⇒国内のチップの方が、GHG排出量が小さい結果

※国内調査結果の製造過程におけるGHG排出量大きい理由
⇒国内調査結果ではいずれもチップが主製品であるのに対し、海外では一部文献値を除き、主製品が製材で副産物からチップを製造。

図　国内調査と海外文献データとの比較（チップ）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 ＜参考：海外文献値との比較：ペレット＞

・ 国内調査と概ね同様の条件で比較。
・ 文献から得られたデータに、以下の点を加えGHG排出量を推計。
  ・ 製品の海上輸送(海運のCO_2排出量104.1kg-CO_2/t-pellet(カナダ⇒日本,文献(5)))
  ・ 輸入された製品の国内輸送（国内調査の3社平均を使用）

⇒国内のペレットの方が、GHG排出量が小さい結果

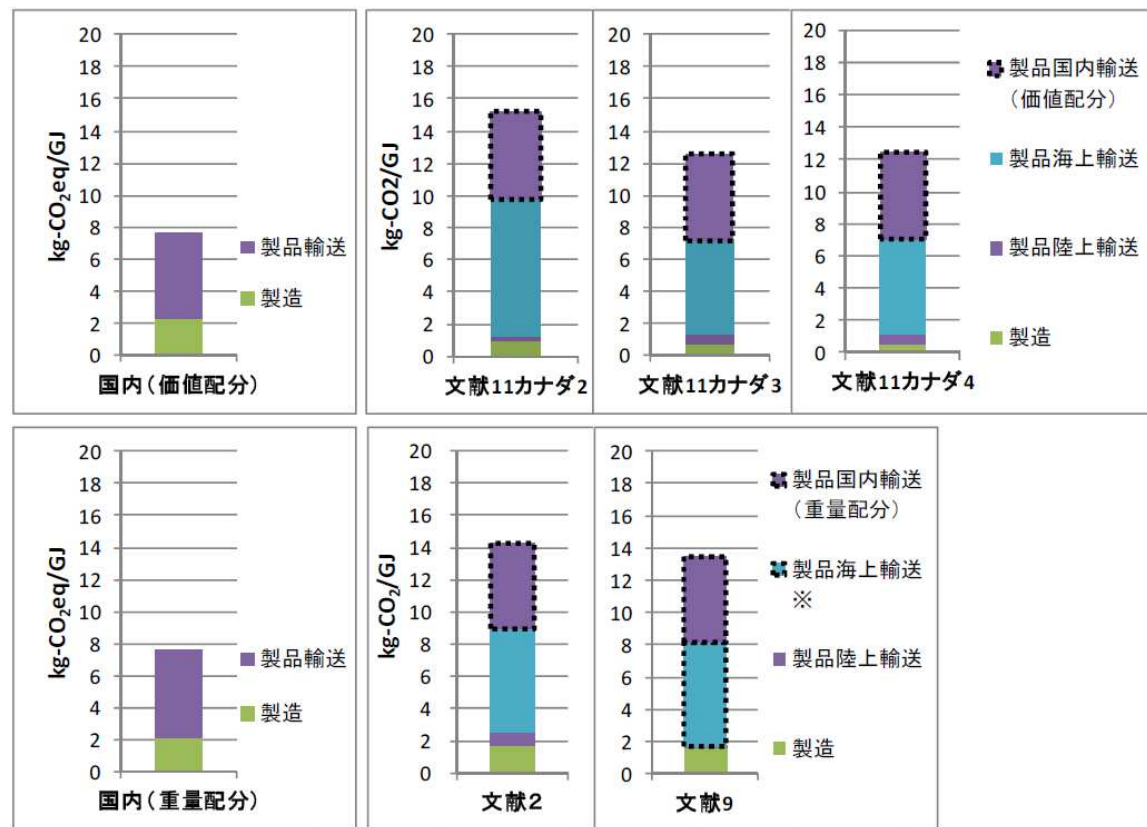



図　国内調査と海外文献データとの比較（ペレット）

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <化石燃料との比較（参考）>

検討結果を使用し、参考までに国内製造木質バイオマスと化石燃料それぞれについて、熱利用機器(想定)を用いて熱供給した場合のGHG 排出量を比較。

表　想定する熱利用機器とエネルギー源及び熱効率

想定する熱利用機器		エネルギー源	熱効率(%)
①	薪ストーブ	薪	63
②	薪ボイラー	薪	70
③、④	チップボイラー	チップ	80
⑤、⑥	ペレットストーブ	ペレット	77
⑦、⑧	ペレットボイラー	ペレット	86
⑨	灯油ストーブ	灯油	86
⑩	灯油ボイラー	灯油	88
⑪	A重油ボイラー	A重油	85
⑫	ガスストーブ(13A)	都市ガス13A	82
⑬	ガスボイラー(13A)	都市ガス13A	90

※熱利用機器を運転させるために必要な電力は考慮せず。

2.国内製造木質バイオマスの環境影響評価 <化石燃料との比較（参考）>

適用したシステム境界内（原材料調達、製品製造、使用（燃焼のみ））においては、化石燃料と比較し、木質バイオマス燃料の環境負荷が少ない結果
⇒木質バイオマス燃料の使用は地球温暖化対策に貢献
※薪、チップ、ペレットはカーボンニュートラルであるとし、燃焼時のCO_2 排出量を計上していない。

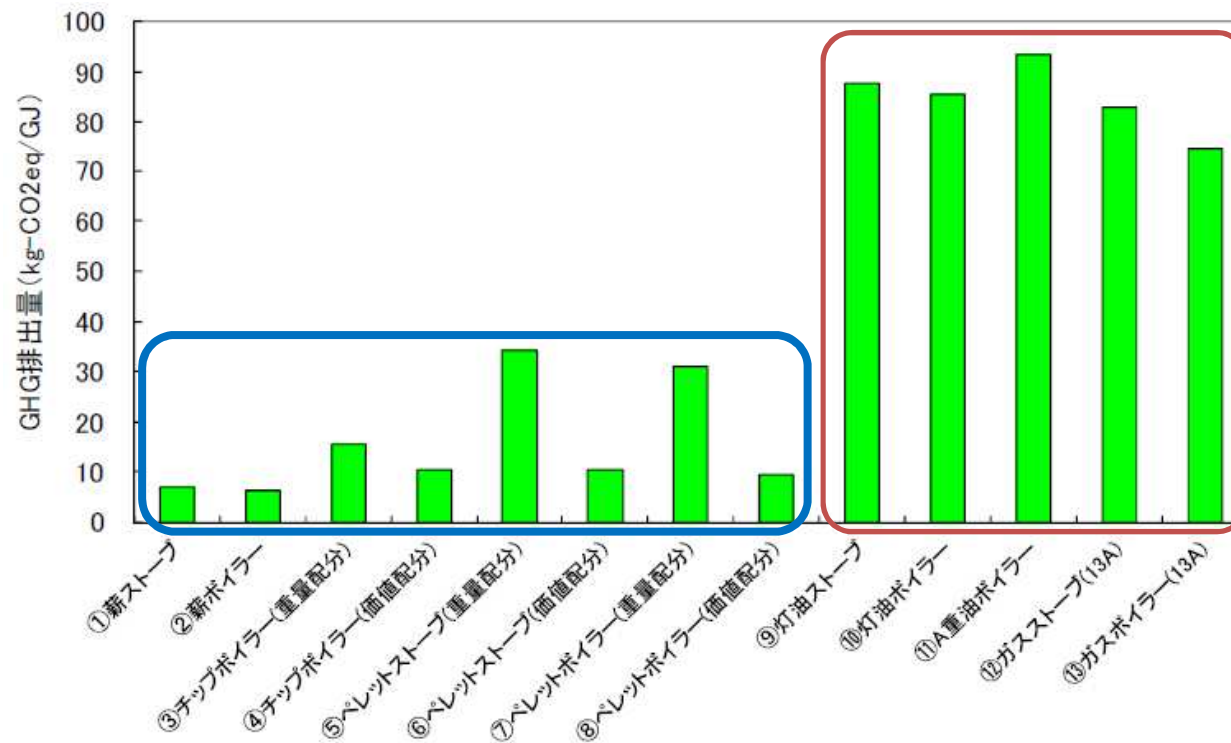



図　GHG 排出量の他燃料との比較

3.今後の課題

(1) LCA を活用した木質バイオマス燃料の評価データの蓄積

データの信頼性を積み上げ、他燃料との比較・検証を行うことが重要。

また、使用・廃棄の段階における評価をした上で他の化石燃料等と比較することが望ましい。

(2) 様々な木質バイオマス燃料利用システム(発電等)へのLCA 評価の実施

木質バイオマス燃料の利用システムは熱利用の他、発電、液化といった変換技術があり、調査・研究が必要。

(3) 蓄積データの集約・公表

LCA計算結果を集約する仕組みが必要。既存のカーボンフットプリント試行制度等を活用することも有効。

(4) 木質バイオマス事業へのLCA の応用

- LCAデータの評価による省エネも可能。
  ⇒製造工程の解析（破砕の方法や含水率、樹種、摩擦等）
- フルコスト法（経済面と環境面をあわせて評価可能）

3.今後の課題

(5) 持続可能性指標等、国際動向を踏まえた行動

・ GBEP（Global Bioenergy Partnership，国際バイオマスエネルギーパートナーシップ）による持続可能性の検討

・ イギリスで固体バイオマス及びバイオガスの発電利用における持続可能性基準を導入※
「化石燃料利用時と比較して最低60%のライフサイクルにおけるGHG排出を削減」etc

分野	指標
環境	1 ライフサイクル温室効果ガス排出量
	2 土壌質
	3 木質資源の採取水準
	4 大気有害物質を含む非温室効果ガスの排出量
	5 水利用と効率性
	6 水質
	7 生物多様性
	8 バイオ燃料の原料生産に伴う土地利用と土地利用変化
社会	9 新たなバイオエネルギー生産のための土地分配と土地所有権
	10 国内の食料価格と食料供給
	11 所得の変化
	12 バイオエネルギー部門の雇用
	13 バイオマス収集のための女性・児童の不払い労働時間
	14 近代的エネルギーサービスへのアクセス拡大のためのバイオエネルギー
	15 屋内煤煙による死亡・疾病の変化
	16 労働災害，死傷事故件数
経済およびエネルギー安全保障	17 生産性
	18 純エネルギー収支
	19 粗付加価値
	20 化石燃料消費および伝統的バイオマス利用の変化
	21 職業訓練および再資格取得
	22 エネルギー多様性
	23 バイオエネルギー供給のための社会資本および物流
	24 バイオエネルギー利用の容量と自由度

GBEPのバイオエネルギー
持続可能性指標

※【参考】信州大学　マイケル･ノートン、三菱UFJリサーチ＆コンサルティング　相川高信、淺田陽子資料

4.木質バイオマスLCA計算ツール
<目的>

●目的
簡便なLCA 計算ツールを作成し、適切な木質バイオマス燃料の選択と実需拡大を目的とする。作成したLCA 計算ツールはウェブ上で一般公開し、木質バイオマスの環境価値を利用者自らが把握できるものとする。

(1) 木質バイオマス燃料の普及啓発・実需拡大

計算ツールの利用者自ら※1が、木質バイオマス燃料の環境価値を把握※2することで、製品のPR や木質バイオマス燃料の適切な選択、需要拡大に繋がることが期待される。

※1 計算ツールの利用者として、木質バイオマス燃料製造事業者を想定している。

※2 計算ツールでの温室効果ガス排出量の計算結果は、本事業のケーススタディの結果と比較することができる。

(2) 木質バイオマス燃料製造事業者の自助努力の促進

計算ツールを利用することで、木質バイオマス燃料の製造・販売に関わるプロセスのどの部分で多くのエネルギーや消耗品を投入し、温室効果ガス(以降、「GHG」とする。)がどの程度排出されているかを把握することができる。本事業でのケーススタディと比較することで、プロセスの評価・見直し、事業性の改善に繋がることが期待される。

図　計算ツールを使用することの意義

4.木質バイオマスLCA計算ツール
<計算ツールの基本的な考え方等>

項目	内容
対象製品	主として木質バイオマス燃料のうち、薪、チップ、ペレット
対象事業者	木質バイオマス燃料製造事業者
機能単位	木質バイオマス燃料 1 GJ 相当
データ収集期間	季節変動等の影響を除外するため、直近 1 年間のデータを基本とします。 ※データの入手が困難な場合、1 年未満でも良いものとする。
インベントリ分析方法	積み上げ法を基本のデータ収集方法とする。
原単位データ	LCI データベース IDEA ver.1.0 開発:産業技術総合研究所、産業環境管理協会 参照:MiLCA ガイドブック (http://milca-milca.net/download-files/MiLCA_Guidebook.pdf) ※引用データは LCA 原単位の一例であり、ユーザーは LCA 原単位の精度を理解して利用することが必要とされている。 ※本事業で得られた一部のデータについて事業者に了承を得、活用しています。
システム境界	計算ツールユーザーの取得可能なデータにより変わるが、本計算ツールでは原材料調達から製品輸送まで対応できる(図 3-1)。
評価する影響領域	地球温暖化
評価する環境負荷物質	CO_2、CH_4、N_2O
動作環境	OS:WindowsXP, Windows vista, Windows7 Microsoft Excel:Excel 2007～2010

4.木質バイオマスLCA計算ツール <システム境界およびGHG排出量の算定方法>

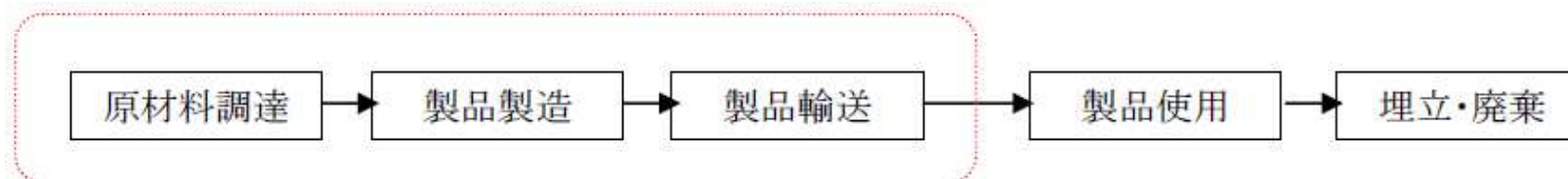



図　計算ツールで対応できるシステム境界（赤点線枠内）

温室効果ガス排出量 ＝ Σ｛(活動量 × 排出原単位)× GWP ｝

図　温室効果ガス排出量の算定方法

地球温暖化係数（GWP、Global Warming Potential）は、IPCC 第2次報告書に記載された数値を使用。（スライド11参照）

※地球温暖化係数：温室効果ガスの温室効果をもたらす程度を、二酸化炭素の当該程度に対する比で示した係数のこと。

4.木質バイオマスLCA計算ツール
<温室効果ガス排出量の算出フロー>

●Step1：計算ツール（Microsoft Excel）のダウンロード

計算ツールを下記URLからダウンロード。http://www.mori-energy.jp/lca.html

● Step2：計算ツールの閲覧、必要情報の確認

計算ツールをダウンロード後、ファイルを開き、必要な入力情報を確認。

● Step3：必要情報の収集

必要な入力情報を収集。

● Step4：計算ツールへの必要情報の入力

必要な入力情報を計算ツールへ入力。

● Step5：計算結果の取得

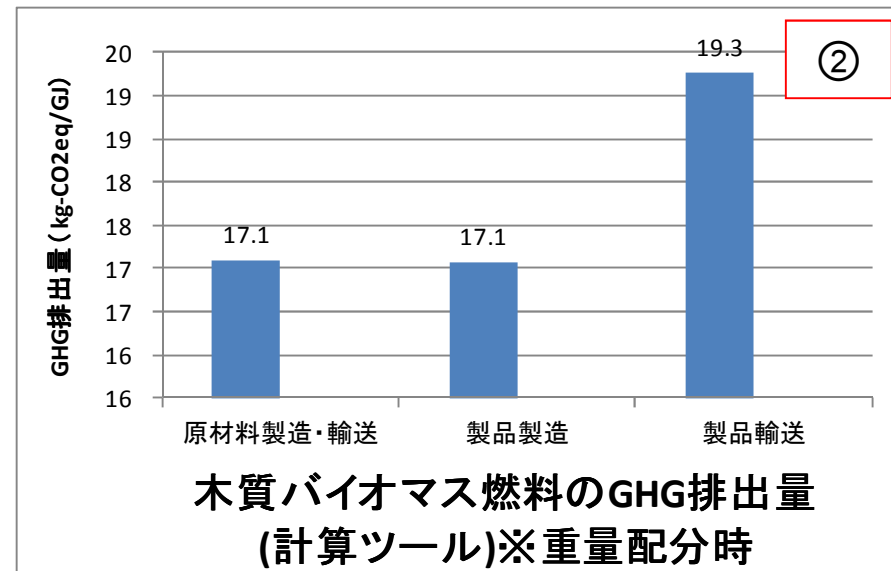
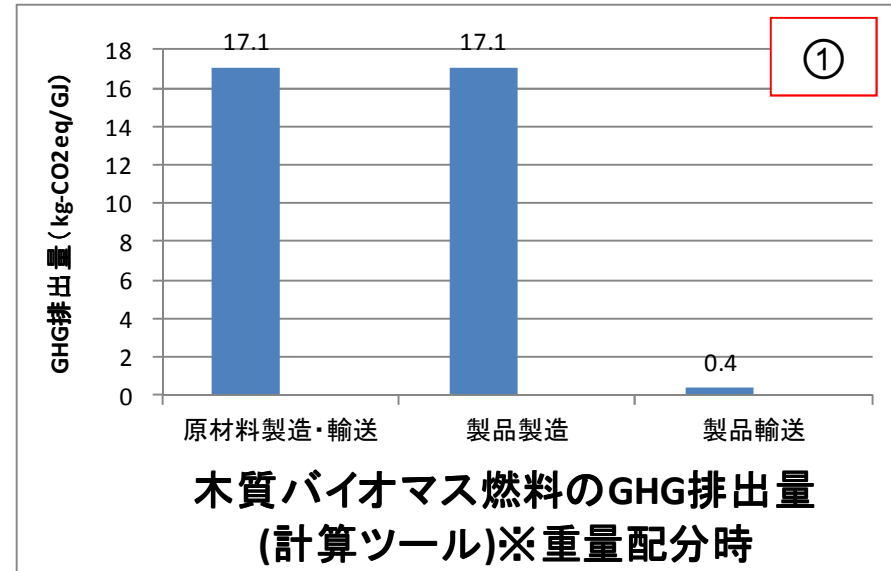
Step1～4が完了すれば、「出力」シートで木質バイオマス燃料の温室効果ガス排出量の算出結果等を確認することができます。

4.木質バイオマスLCA計算ツール
<ケーススタディ(ペレット)>

●試算の条件
- システム境界
  原材料製造～製品輸送
- 原材料
  プレーナー屑(集製材副産物)
- ペレット製造量
  300t/年
- 輸送距離(片道)

①20km　②1,000km

木質バイオマス燃料のGHG排出量
(計算ツール)※重量配分時

木質バイオマス燃料のGHG排出量
(計算ツール)※重量配分時

5.その他<参考情報>

●書籍等

・ 伊坪徳宏,田原聖隆,成田暢彦：“LCAシリーズLCA概論”
・ (社)産業環境管理協会：“ライフサイクルアセスメント-原則及び枠組み-”
・ 稲葉 敦 (監修) ：“LCAの実務”
・ LCA計算支援ソフト　MiLCA(みるか)　http://www.milca-milca.net/
※制限付きであれば無料で使用可

●関連団体

・ 日本LCA学会　http://ilcaj.sntt.or.jp/
林業、林産業、バイオマスなどのLCA研究もあり。
・ (社)産業環境管理協会　http://www.jemai.or.jp/JEMAI_DYNAMIC/index.cfm
LCAに関わるコンサルティング等、実績豊富。下記団体の運営も実施。
・ 日本LCAフォーラム　http://lca-forum.org/
・ CFP(カーボンフットプリント)プログラム　http://www.cfp-japan.jp/
※「木材・プラスチック複合材」、「木材・木質材料」、「木製製品」のPCR(製品種別基準)あり。
実績としては、住友林業クレストが製造する合板etc
ニュースリリース：
原材料調達段階から生産段階までの温室効果ガス排出量の｢見える化｣へ
国産材合板への「カーボンフットプリント」表示を開始
http://sfc.jp/information/news/2009/2009-04-17.html

ご清聴ありがとうございました。
本事業にご協力を頂いた皆様に
深く御礼申し上げます。